



Etude de faisabilité d'implantation de panneaux photovoltaïques sur le site de Verneuil-en-Halatte

Avril 2025



Présentation du site, contexte et enjeux

Présentation du site

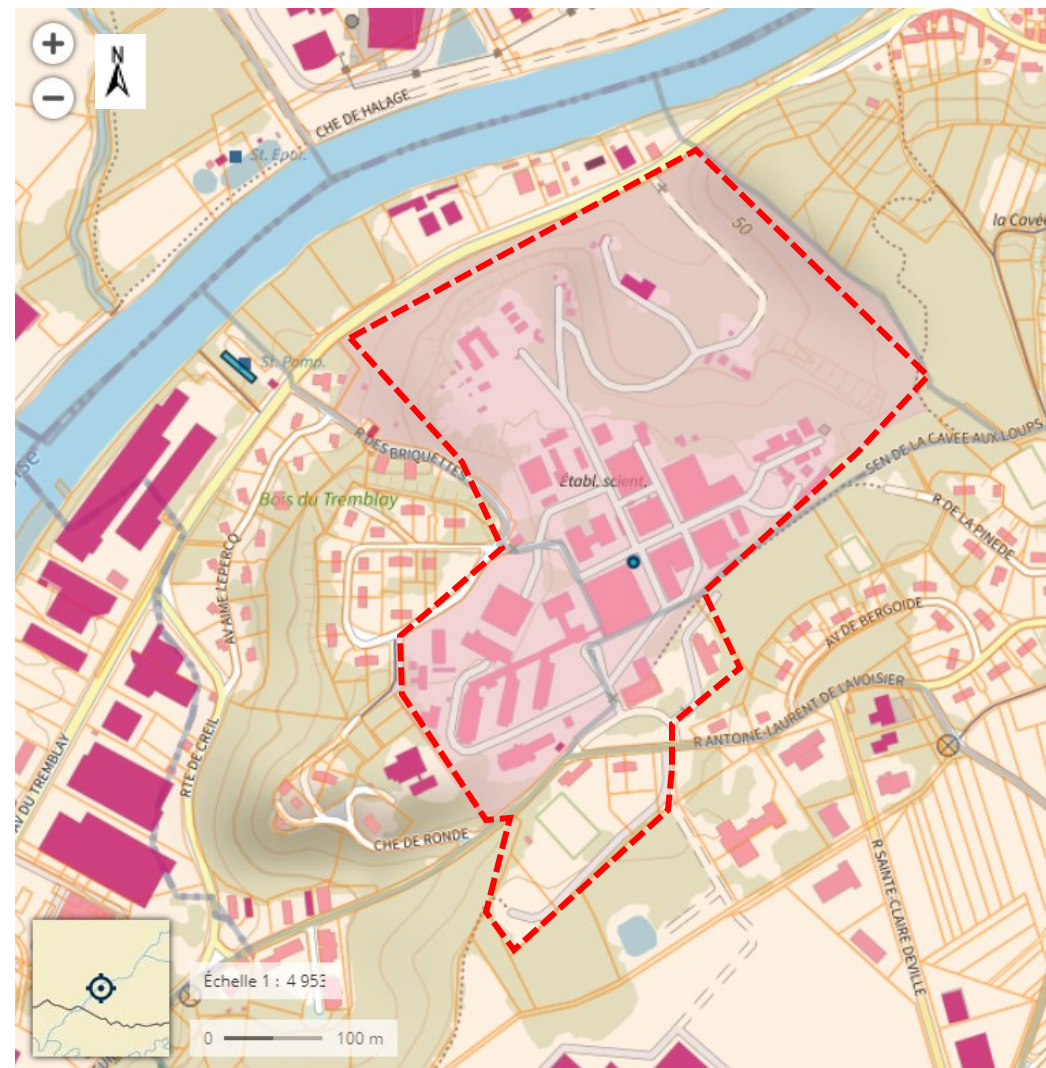
Localisation : Verneuil-en-Halatte (60)

Etendue du site : 3,8 ha / ~100 bâtiments

Périmètre de l'étude : bâtiments, parkings, 1 site au sol (station de surveillance), 1 terrain de tennis

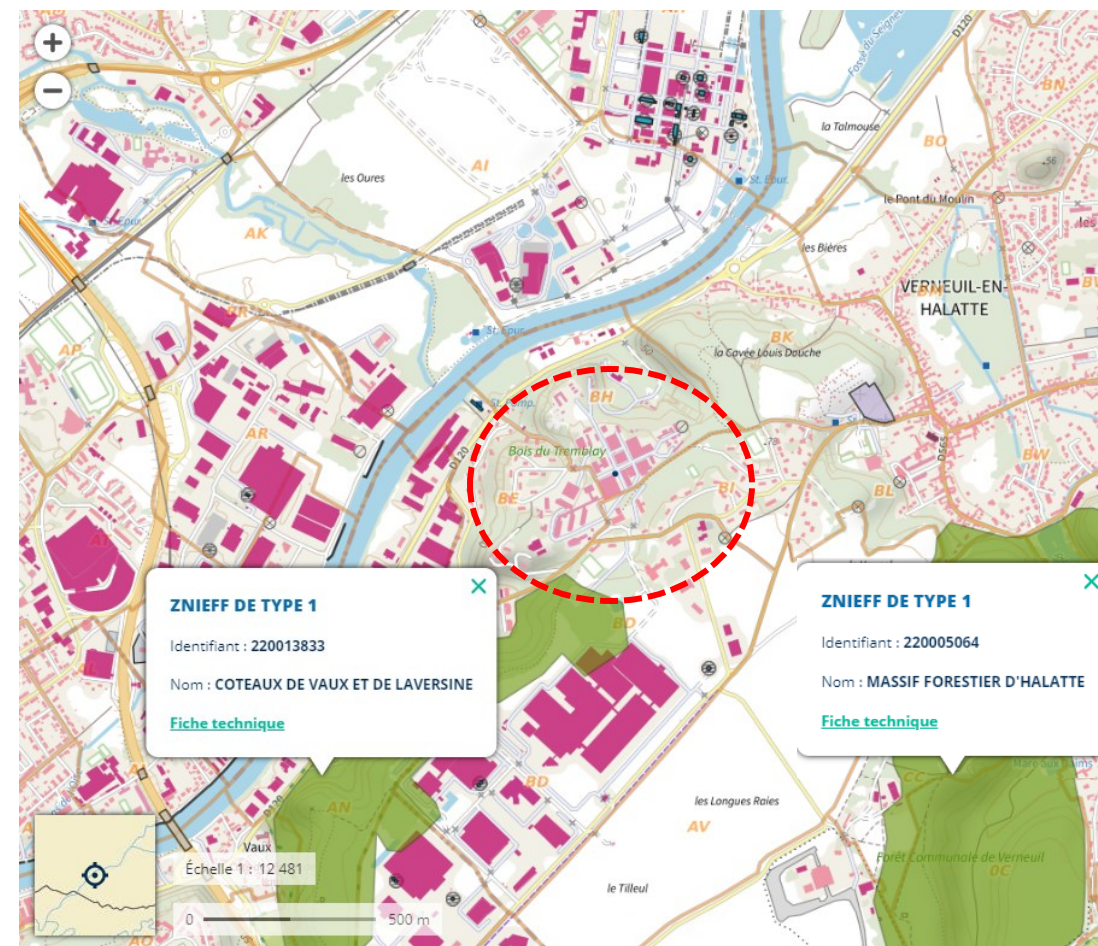
Autoconsommation totale sur le site

Boucle HTA interne 15 kV / 13 postes de transformation



Enjeux environnementaux

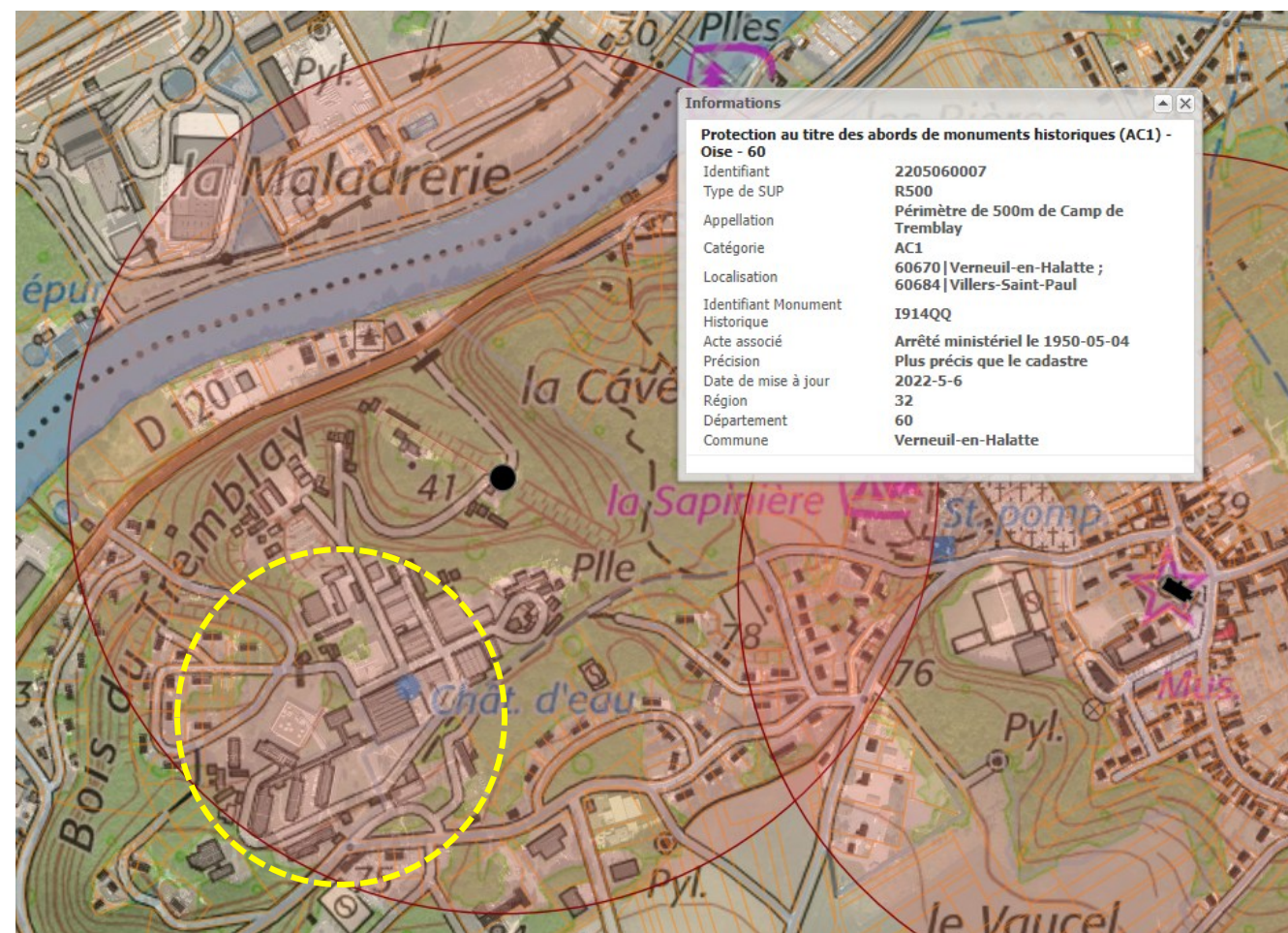
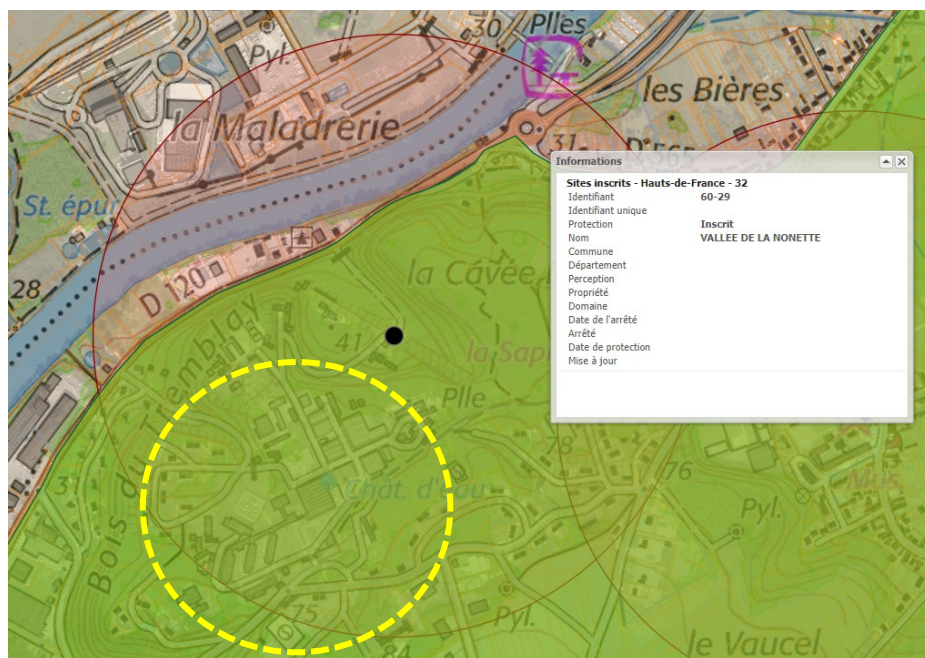
- ZNIEFF à proximité immédiate (recoupe en partie le parking)
- Pas réglementaire
- Pas de Natura 2000



Enjeux patrimoniaux

Site **dans** un périmètre Monuments Historiques et inclus dans un Site inscrit.

Avis de l'Architecte des Bâtiments de France sera requis.



Réglementation ICPE

Site INERIS est une **ICPE soumise à Autorisation** au titre de la rubrique 4210 1.a « Produits explosifs (fabrication, chargement, encartouchage, conditionnement...) ».

Arrêté du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation :

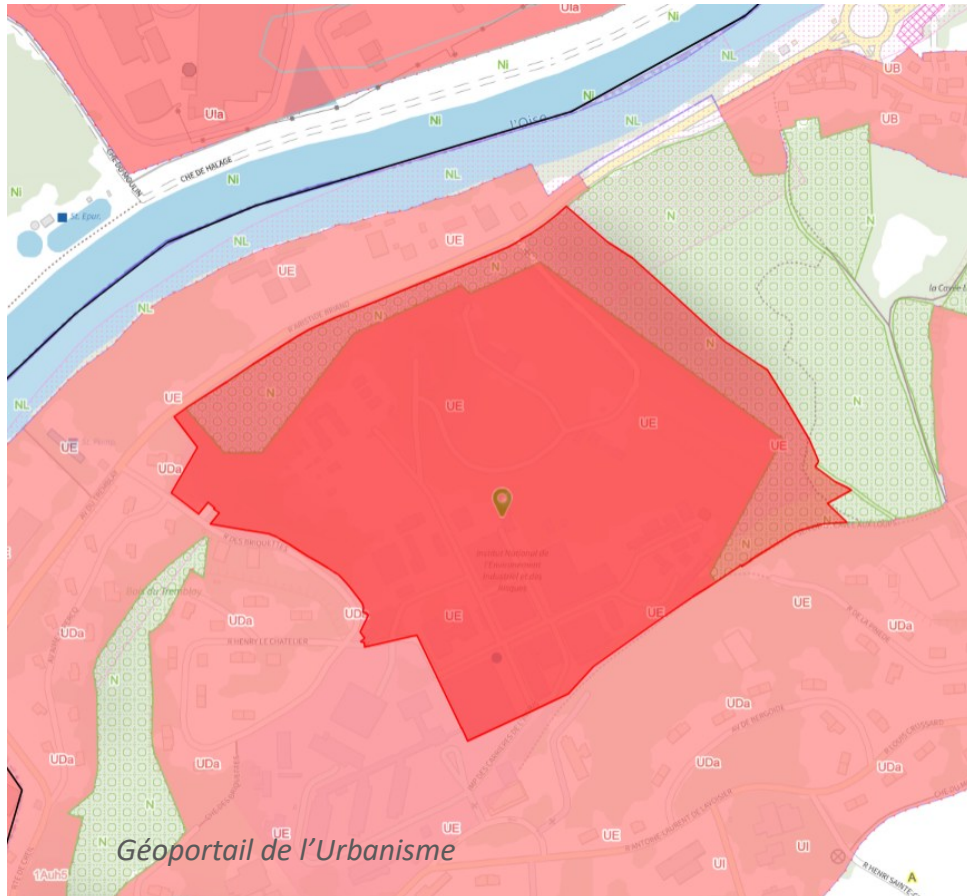
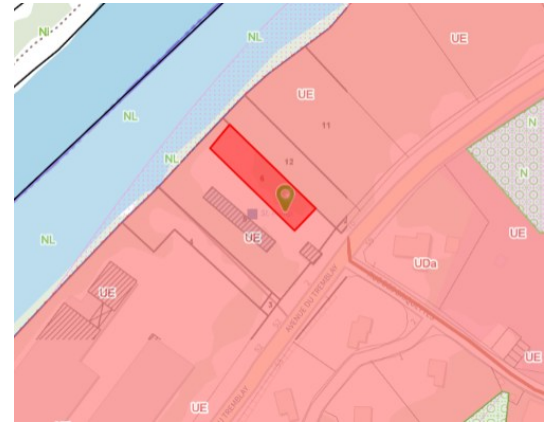
« Pour les panneaux ou films photovoltaïques installés en toiture de bâtiments, auvents ou ombrières abritant des zones à risque d'incendie identifiées dans l'étude de dangers :

- en matière de résistance au feu : l'ensemble constitué par la toiture, les panneaux ou films photovoltaïques, leurs supports, leurs isolants (thermique, étanchéité) et plus généralement tous les composants (électriques ou autres) associés aux panneaux présente au minimum les mêmes performances de résistance au feu que celles imposées à la toiture seule ;*
- en matière de propagation du feu au travers de la toiture : l'ensemble constitué par la toiture, les panneaux ou films photovoltaïques, leurs supports, leurs isolants (thermique, étanchéité) et plus généralement tous les composants (électriques ou autres) associés aux panneaux répond au minimum à la **classification Broof t3** au sens de l'article 4 de l'arrêté du 14 février 2003 relatif à la performance des toitures et couvertures de toiture exposées à un incendie extérieur. Dans ce cas, l'alinéa suivant n'est pas applicable aux éléments constitutifs de cet ensemble ; »*

L'application de cet arrêté sur l'ensemble du site nécessiterait systématiquement la réfection de l'étanchéité préalablement à la mise en place d'une installation PV en toiture (pour obtention d'un classement global Broof T3).

PLU Verneuil-en-Halatte

- Zone UE partout (site, station de surveillance, parking)



ARTICLE UE 1 - OCCUPATIONS ET UTILISATIONS DU SOL INTERDITES

68A1 - les affouillements et exhaussements du sol visés au Code de l'Urbanisme.

III - Toutefois, sont autorisées sous condition, les occupations et utilisations du sol ci-après :

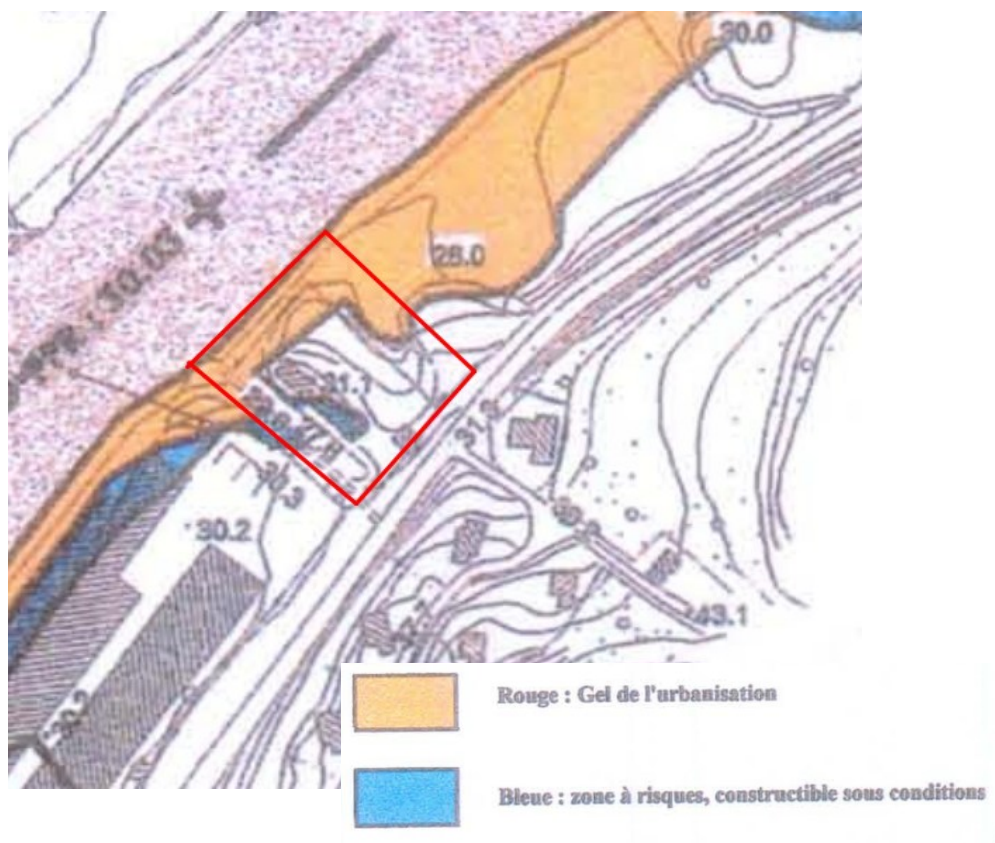
46A2 - les aménagements, ouvrages, constructions ou installations lorsqu'ils présentent un caractère d'intérêt général ou lorsqu'ils contribuent au fonctionnement ou à l'exercice de services destinés au public, quel que soit le statut du gestionnaire ou de l'opérateur.

ARTICLE UE 13 - ESPACES LIBRES ET PLANTATIONS

96B13 Les aires de stationnement doivent être plantées à raison d'un arbre au moins par 50 m² de terrain affecté au stationnement.

PPR-Inondation Oise

- Zonage concerne Station de surveillance



<https://www.verneuil-en-halatte.fr/wp-content/uploads/2020/03/10a-Plan-de-zonage-du-PPRI.pdf>

Zone Rouge.

Elle couvre des espaces estimés :

- soit très vulnérables,
- soit à préserver de l'urbanisation pour maintenir les champs d'expansion naturelle des crues ;

Zone Bleue.

Il s'agit de territoires déjà urbanisés exposés à des risques plus modérés. La submersion possible par rapport à la crue de référence est inférieure à un mètre, sauf dans le secteur Bleu Foncé.



Contexte réglementaire / loi APER

- « Obligation de solariser (ou végétaliser) » sur bâtiments -> dérogation pour les bâtiments ICPE rubrique 4XXX (substances et mélanges dangereux).

		nov-19	janv-24	janv-25	juil-26	juil-27	janv-28
Bâtiments neufs, extensions et rénovations lourdes	Bâtiments à usage commercial, industriel, artisanal, entrepôt, hangar	> 1000 m ² taux de couverture 30%	> 500 m ² taux de couverture 30%	> 500 m ² taux de couverture 30%	> 500 m ² taux de couverture 40%	> 500 m ² taux de couverture 40%	> 500 m ² taux de couverture 50%
	Bureaux		> 1000 m ² taux de couverture 30%	> 500 m ² taux de couverture 30%	> 500 m ² taux de couverture 40%	> 500 m ² taux de couverture 40%	> 500 m ² taux de couverture 50%
	Bâtiments à usage administratif, hôpitaux, équipements sportifs, récréatifs et de loisirs, scolaires et universitaires			> 500 m ² taux de couverture 30%	> 500 m ² taux de couverture 40%	> 500 m ² taux de couverture 40%	> 500 m ² taux de couverture 50%
	Parcs de stationnement couverts et accessibles au public			> 500 m ² taux de couverture 30%	> 500 m ² taux de couverture 40%	> 500 m ² taux de couverture 40%	> 500 m ² taux de couverture 50%
Bâtiments existants	Toutes les typologies ci-dessus						> 500 m ² taux de couverture : décret à paraître

Contexte réglementaire / loi APER

- « Obligation de solariser » sur parking

Parcs de stationnement extérieurs <u>neufs</u>	Parcs de stationnement associés aux bâtiments concernés par l'obligation de solarisation au 01/01/2024	> 500 m ² taux de couverture 50%			
	Parcs de stationnement associés aux bâtiments concernés par l'obligation de solarisation au 01/01/2025	> 500 m ² taux de couverture 50%			
	Parcs de stationnement ouverts au public	> 500 m ² taux de couverture 50%			
	Autres parcs de stationnement		> 10 000 m ² taux de couverture 50%	> 1 500 m ² taux de couverture 50%	
Parcs de stationnement extérieurs <u>existants</u>	Tout type de parcs de stationnement		> 10 000 m ² taux de couverture 50%	> 1 500 m ² taux de couverture 50%	
	Parcs de stationnement gérés en contrat de concession de service public, prestation de service, ou bail commercial à l'occasion de la signature ou du renouvellement du contrat	En attente de précision			

janv-24

janv-25

juil-26

juil-28

Loi « Zéro Artificialisation Nette »

Référence réglementaire :

[LOI n° 2023-630 du 20 juillet 2023 visant à faciliter la mise en œuvre des objectifs de lutte contre l'artificialisation des sols et à renforcer l'accompagnement des élus locaux \(1\)](#)

Décret d'application :

[Décret n° 2023-1096 du 27 novembre 2023 relatif à l'évaluation et au suivi de l'artificialisation des sols](#)

ANNEXE À L'ARTICLE R. 101-1 DU CODE DE L'URBANISME

Catégories de surfaces		Seuil de référence (*)
Surfaces artificialisées	1° Surfaces dont les sols sont imperméabilisés en raison du bâti (constructions, aménagements, ouvrages ou installations).	Supérieur ou égal à 50 m² d'emprise au sol
	2° Surfaces dont les sols sont imperméabilisés en raison d'un revêtement (artificiel, asphalté, bétonné, couvert de pavés ou de dalles).	Supérieur ou égal à 2 500 m² d'emprise au sol ou de terrain
	3° Surfaces partiellement ou totalement perméables dont les sols sont stabilisés et compactés ou recouverts de matériaux minéraux, ou dont les sols sont constitués de matériaux composites (couverture hétérogène et artificielle avec un mélange de matériaux non minéraux).	
	4° Surfaces à usage résidentiel, de production secondaire ou tertiaire, ou d'infrastructures notamment de transport ou de logistique, dont les sols sont couverts par une végétation herbacée (**).	
	5° Surfaces entrant dans les catégories 1° à 4°, qui sont en chantier ou en état d'abandon.	
Surfaces non artificialisées	6° Surfaces naturelles dont les sols sont soit nus (sable, galets, rochers, pierres ou tout autre matériau minéral, y compris les surfaces d'activités extractives de matériaux en exploitation) soit couverts en permanence d'eau, de neige ou de glace.	Supérieur ou égal à 2 500 m² d'emprise au sol ou de terrain
	7° Surfaces à usage de cultures dont les sols sont soit arables ou végétalisés (agriculture), y compris si ces surfaces sont en friche, soit recouverts d'eau (pêche, aquaculture, saliculture).	
	8° Surfaces dont les sols sont végétalisés et à usage sylvicole.	
	9° Surfaces dont les sols sont végétalisés et qui constituent un habitat naturel.	
	10° Surfaces dont les sols sont végétalisés et qui n'entrent pas dans les catégories précédentes.	

(*) Les infrastructures linéaires sont qualifiées à partir d'une largeur minimale de cinq mètres.

(**) Une surface végétalisée est qualifiée d'herbacée dès lors que moins de vingt-cinq pour cent du couvert végétal est arboré.

Loi « Zéro Artificialisation Nette »



LÉGENDE

Occupation du sol - Nouvelle Génération - Usage 2021-2023

Usage du sol

- US1.1 - Agricole
- US1.2 - Sylviculture
- US1.3 - Activité d'extraction
- US1.4 - Aquaculture et pêche
- US1.5 - Autre production primaire
- US2 - Production secondaire
- US235 - Usage mixte
- US3 - Production tertiaire
- US4.1.1 - Transport routier
- US4.1.2 - Transport ferré
- US4.1.3 - Transport aérien
- US4.1.4 - Transport par voie navigable
- US4.1.5 - Autres réseaux de transport
- US4.2 - Services logistiques et services d'
- US4.3 - Réseaux d'utilité publique
- US5 - Usage résidentiel
- US6.1 - Zones en transition
- US6.2 - Zones abandonnées
- US6.3 - Sans usage
- US6.4 - Usage inconnu

Photographies aériennes

Sur la zone au sol
(« Entrée ») :

- usage « production tertiaire »,
- superficie < 2500 m²

La zone est donc au
sens du décret déjà
considérée comme
artificialisée.

Etude du potentiel solaire

Gisement solaire

Matériel utilisé

Etude sur toitures, sur parking, au sol

Gisement solaire – *station météo de Compiègne*

Station de référence : Compiègne 1996-2015

Changer de station : Compiègne 1996-2015 - 28 ▼

Station météo ▼

Stations les plus récentes : ☒

Altitude : 42 m

Distance au site : 29 km

Irradiation (kWh/m².an) :

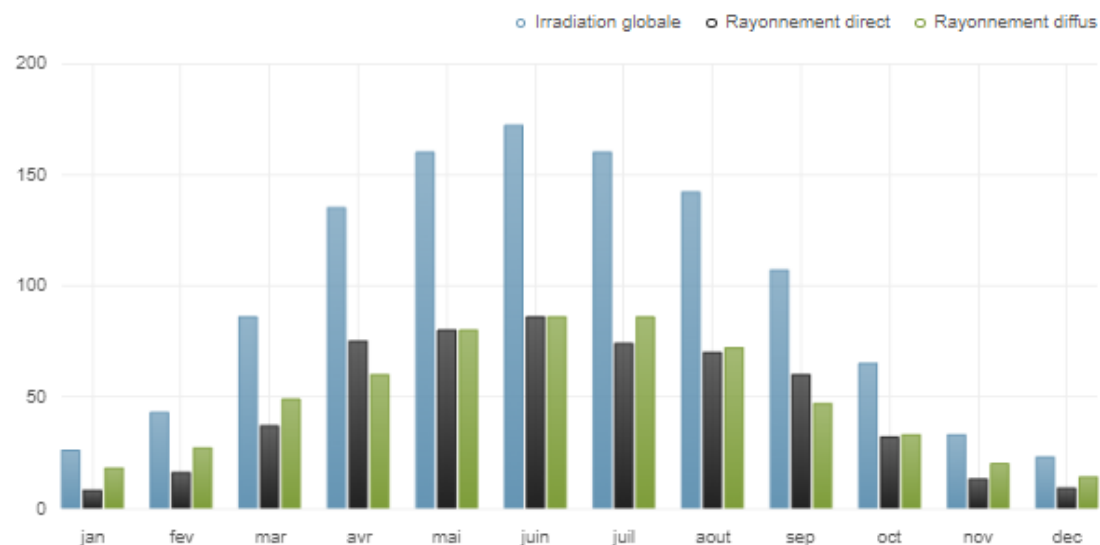
Irradiation globale : 1 152 kWh/m².an

Rayonnement direct : 560 kWh/m².an

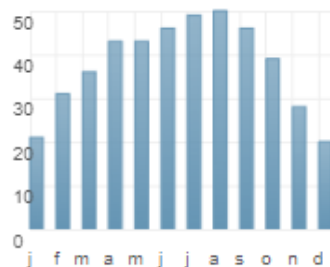
Rayonnement diffus : 592 kWh/m².an

Origine des données :

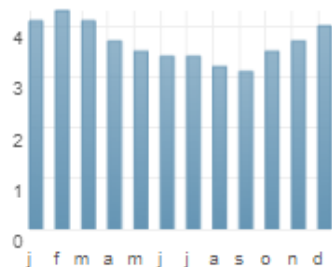
Données MeteoNorm issues des bases de données Cythelia, Ta 2000-2019, Ins. 1996-2015, Meteonorm Version 8.1



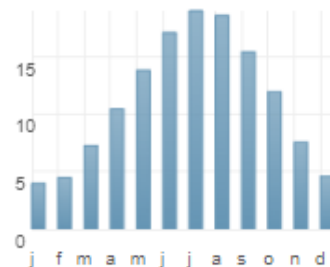
☼ Fraction solaire (%) :



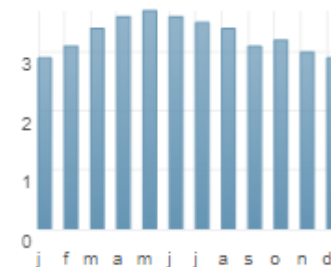
🌬 Vitesse du vent (m/s) :



🌡 Température de l'air (°C) :

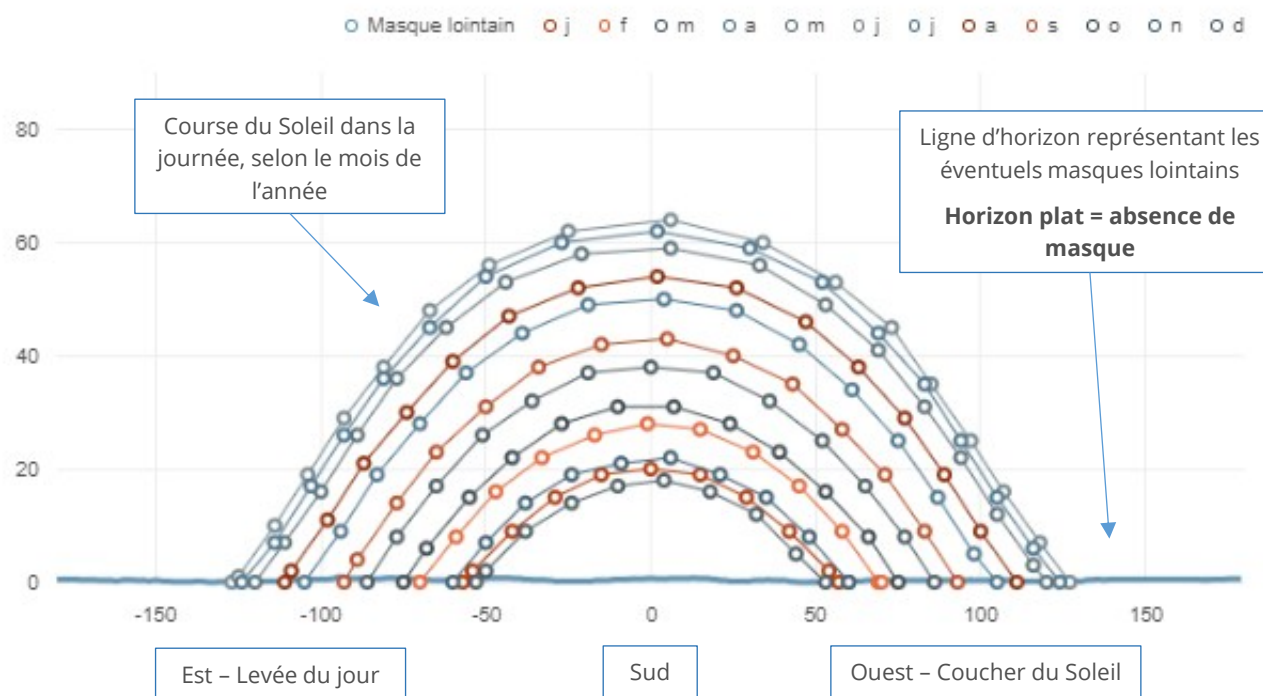


☁ Trouble de Linke :



Gisement solaire – *masque lointain Compiègne*

Masque lointain :



Irradiation à l'horizontale : Sans masque

Global : **1 150 kWh/m².an**
 Direct : **558 kWh/m².an** (48.6 %)
 Diffus : **592 kWh/m².an** (51.4 %)

Avec masque:

Global : **1 148 kWh/m².an**
 Direct : **558 kWh/m².an** (48.7 %)
 Diffus : **589 kWh/m².an** (51.3 %)
 Pertes dues au masque : **0.21 %**

Irradiation optimale (avec masque):

Global : **1 361 kWh/m².an**
 Direct : **715 kWh/m².an** (52.5 %)
 Diffus : **646 kWh/m².an** (47.5 %)
 Pertes dues au masque : **0.10 %**

Informations complémentaires:

Altitude : **86 m**
 Orientation optimale : **-3 °**
 Inclinaison optimale : **40 °**

Pertes dues au masque
quasi-nulles

À titre de comparaison : Lille

Irradiation à l'horizontale : Sans masque

Global : **1 023 kWh/m².an**

Perpignan

Irradiation à l'horizontale : Sans masque

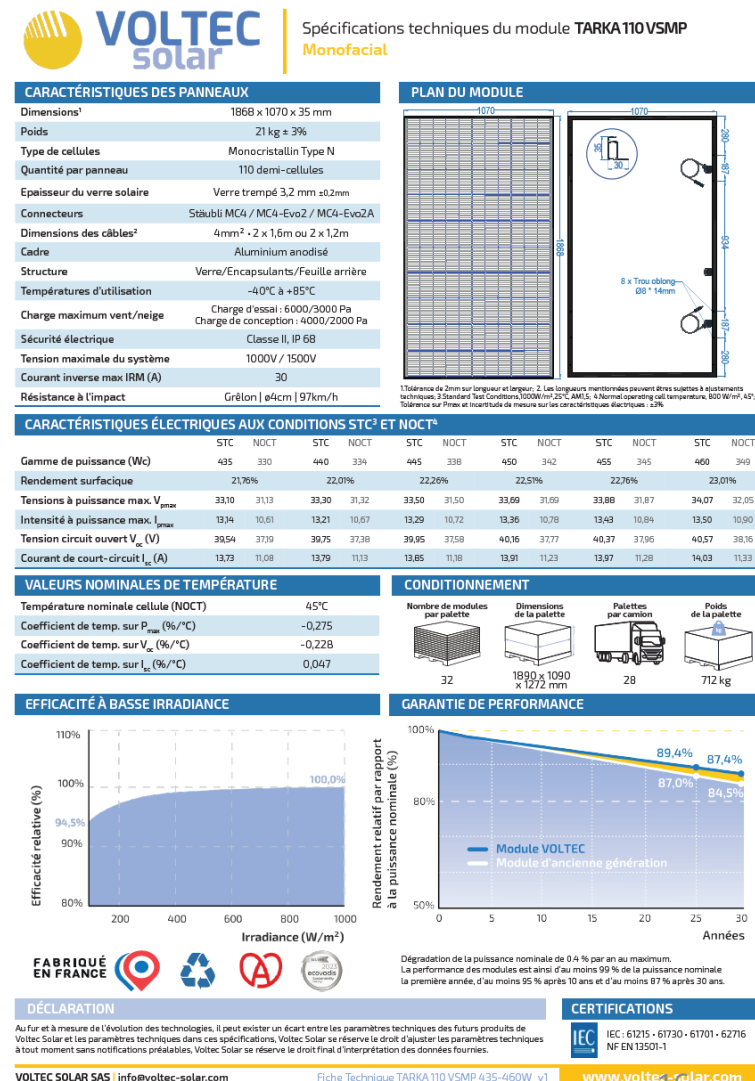
Global : **1 440 kWh/m².an**

Matériels utilisés pour l'étude

Modules photovoltaïques Voltec Solar :

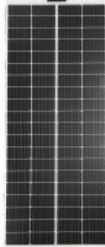
- TARKA 110 VSMP(1868x1070x35) monofaciaux, 445 Wc pour les installations sur parking et en toiture
- Rendement surfacique > 22%
- Fabrication française (usine en Alsace) et bonne évaluation carbone

Onduleurs PV : gammes SMA (fabricant allemand) ou Huawei (leader mondial)



Technologie légère

- Module mono-Si semi-rigide -> ne convient pas aux toitures incurvées
- Mise en œuvre avec système SoprasolarFlex (sous ETN et ATEX cas A) -> collé à la membrane
- Poids : 5 kg/m² (~16 pour les panneaux standards)
- Rendement surfacique équivalent mais absence de ventilation sous les panneaux -> montée en température en été
- Si panneaux à plat -> encrassement prématuré
- Toiture incurvée : solution LUXSIOL -> doute sur durabilité de la mise en œuvre



 Lightweight <5 kg/m², 60% lighter than conventional PV modules	 Made in Europe Designed and manufactured in France
 Easy to install Fast and simple installation by direct bonding	 Competitive solution for production of renewable electricity
 Sustainable Low carbon footprint Reduced material usage	 Power Efficiency High energy yield - silicon solar cells technology
 Certifications PV IEC 61215/61730, low carbon footprint (ECS) and building standards accreditations	 Durable Innovative design leading to excellent aging properties and very high mechanical resistance

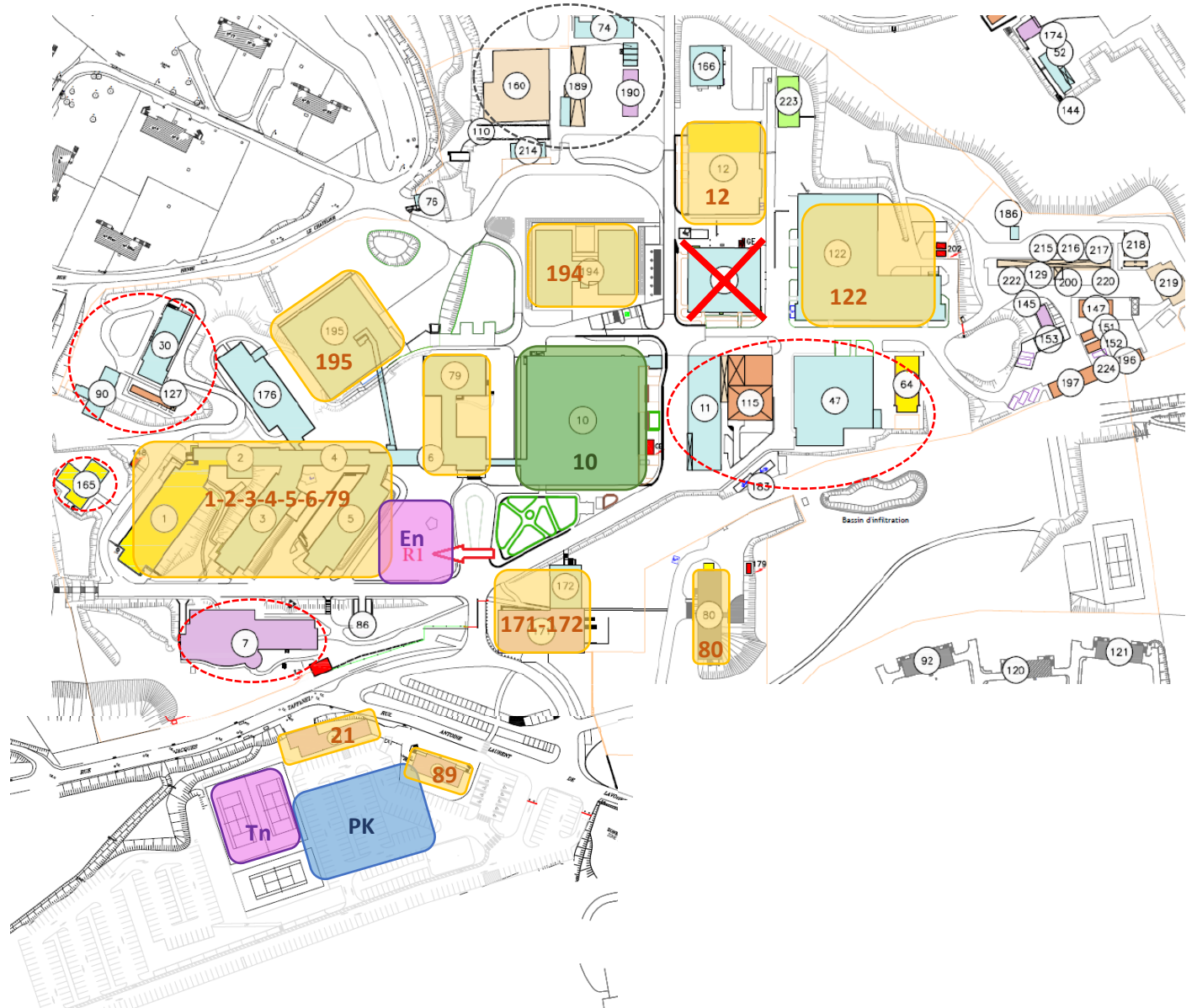
Application

HELIUP Stykon® photovoltaic modules are designed for low-bearing capacity rooftops. The product can be directly glued onto the waterproofing element. Stykon® panels lead to local green energy production and improved building energy efficiency



Installations étudiées

-  Toiture
-  Toiture – techno souple
-  Sol (tennis et entrée)
-  Parking
-  Zone ombragée
-  Zone pyrotechnique
-  Démolition prévue



Hypothèses de simulation

Ombrières de parking et installation au sol :

Hypothèses de simulation de productible	
Albédo mensuel	0,2
Pertes dans les câbles DC	1,0%
Pertes dans les câbles AC	1,0%
Encrassement des modules	1,0%
Mismatch	1,0%
Facteur de ventilation arrière des modules	100
Tolérance de puissance des modules (Mini / Maxi)	0,0% / 1,5%
Perte LID (Light Induced Degradation)	2,0%
Taux de vieillissement annuel des modules	0,5%
Tension maximum du système (V DC)	1000
Taux de disponibilité du système	98,0%
Facteur de puissance (cos phi)	0,94

NB : Dans le cas d'une injection au réseau, Enedis peut demander de produire du réactif ($\cos\Phi < 1$). Pour cette étude, on a pris pour hypothèse $\cos\Phi = 0,94$, sous réserve de l'avis des électriciens du site.

Toitures terrasses :

Hypothèses de simulation de productible	
Albédo mensuel	0,2
Pertes dans les câbles DC	1,0%
Pertes dans les câbles AC	1,0%
Encrassement des modules	2,0%
Mismatch	1,0%
Facteur de ventilation arrière des modules	70
Tolérance de puissance des modules (Mini / Maxi)	0,0% / 1,5%
Perte LID (Light Induced Degradation)	2,0%
Taux de vieillissement annuel des modules	0,5%
Tension maximum du système (V DC)	1000
Taux de disponibilité du système	98,0%
Facteur de puissance (cos phi)	0,94

*NB2 : Pour les toitures inclinées : ventilation -> 80 et encrassement -> 1%
Pour le PV souple : ventilation -> 0 et encrassement -> 5%*

Toitures terrasses - règles d'implantation retenues

Mise en place de **systèmes lestés**, ou **thermosoudés** au complexe d'étanchéité. Configuration retenue **simple orientation** (la plus au Sud possible) pour maximiser le productible (ratio kWh/kWc):

- 10° d'inclinaison
- Cheminement de 0,9m en périphérie de toiture (règles SDIS et APSAD D20)
- Cheminement de 0,5m par rapport aux obstacles (cheminées...)
- Dimensionnement des espaces inter-rangées selon ombres portées.

Compatibilité de l'existant avec une installation PV à vérifier :

- Diagnostic structure à prévoir (ajout d'un système lesté / thermosoudé) -> en cours
- Etat de l'étanchéité -> réfection à prévoir préalablement à l'installation PV
- Si souhait de maintenir l'existant : caractéristiques de la membrane et classe de compressibilité de l'isolant à vérifier -> recherche d'une solution sous ETN compatible avec l'existant
- Diagnostic amiante (si < 1997)

Toitures inclinées - règles d'implantation retenues

Mise en place de **systèmes en surimposition** du bac acier existant ou système **PV léger** :

- Inclinaison et orientation selon pas de toiture
- Cheminement de 0,9m en périphérie de champ PV (règles SDIS et APSAD D20)
- Cheminement de 0,5m par rapport aux obstacles (cheminées...)

Compatibilité de l'existant avec une installation PV à vérifier :

- Diagnostic structure à prévoir (ajout d'un système lesté / thermosoudé) -> en cours
- Etat de la couverture ?
- Si souhait de maintenir la couverture existante -> recherche d'une solution sous ETN compatible avec le support existant.
- Caractère Broof T3 de la toiture à maintenir si le bâtiment est concerné par le périmètre de l'étude de danger.
- Diagnostic amiante (si < 1997)

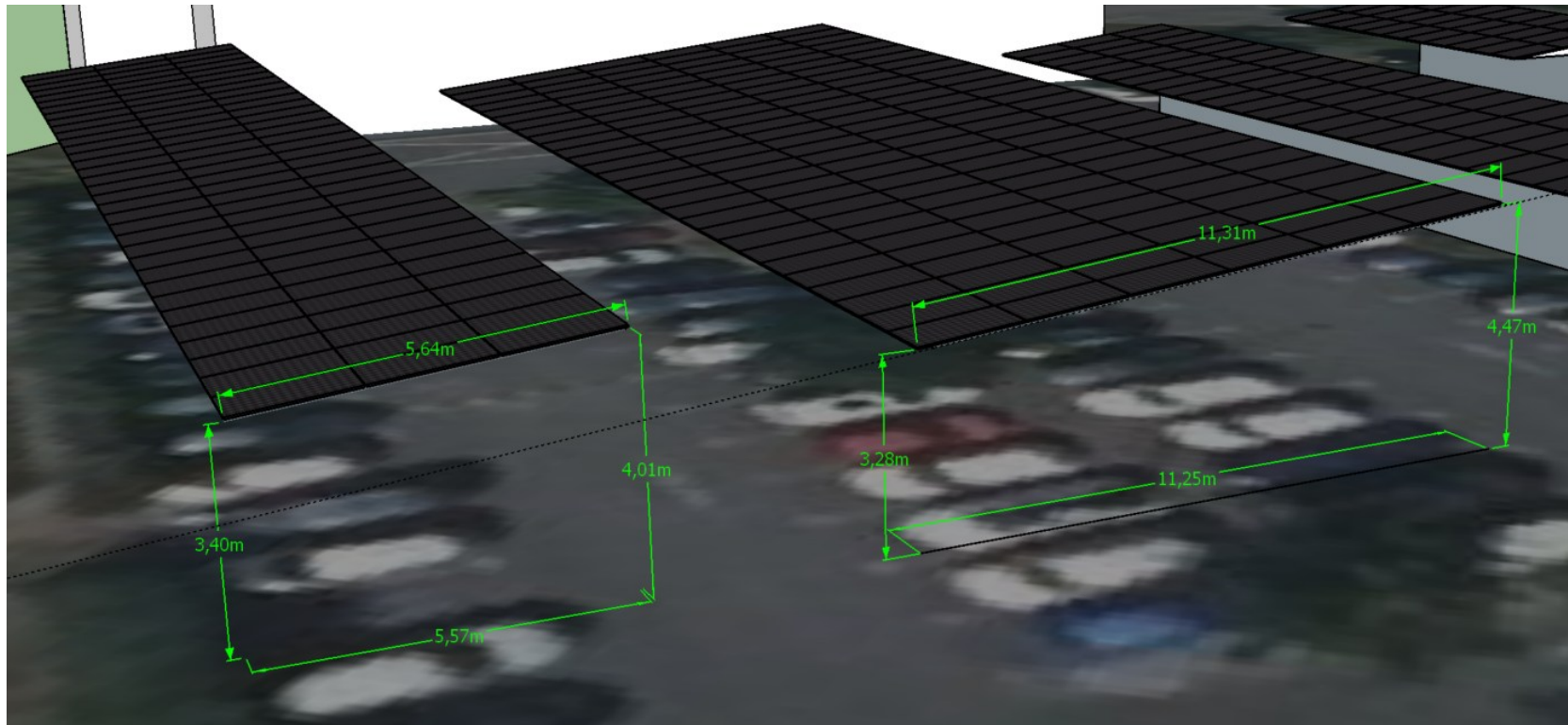
Récapitulatif des installations sur toitures

Nom	Type de site	Puissance installée	Surface générateur PV	Energie produite (année 1)	Productible spécifique (P50)
1-2-3-4-5-6-79	Bâtiment - toit terrasse	78,77 kWc	364 m ²	74 581 kWh	947 kWh/kWc
21	Bâtiment - toit terrasse	10,68 kWc	50 m ²	10 702 kWh	1 002 kWh/kWc
89	Bâtiment - toit terrasse	10,68 kWc	50 m ²	10 627 kWh	995 kWh/kWc
80 GRDF	Bâtiment - toit terrasse	32,04 kWc	148 m ²	30 151 kWh	941 kWh/kWc
12	Bâtiment - toit incliné / bac acier	43,16 kWc	199 m ²	47 985 kWh	1 112 kWh/kWc
122	Bâtiment - toit incliné / bac acier	106,35 kWc	492 m ²	101 124 kWh	951 kWh/kWc
194	Bâtiment - toit terrasse	52,07 kWc	241 m ²	51 011 kWh	980 kWh/kWc
195	Bâtiment - toit terrasse	82,33 kWc	381 m ²	75 885 kWh	922 kWh/kWc
171-172	Bâtiment - toit terrasse	46,83 kWc	256 m ²	41 156 kWh	879 kWh/kWc
10	Bâtiment - toit terrasse et sheds cintrés	112,73 kWc	574 m ²	113 549 kWh	1 007 kWh/kWc

Sur bâtiment, déploiement possible de **10 installations**, pour une puissance de **576 kWc**, et une production de **556 771 kWh** (année 1).

Modélisations
des sites
présentées en
annexe

Ombrières de parking - règles d'implantation retenues



Inclinaison : 6°

Orientation : selon places de stationnement

Panneaux en format portrait (3 ou 6 rangées)

> 3 m de haut au point bas
(compatible véhicules légers uniquement)

Parking – Superficie soumise à l'obligation

1 Pour les dispositifs d'ombrage, la superficie est calculée en prenant en compte, au sein de l'unité foncière :

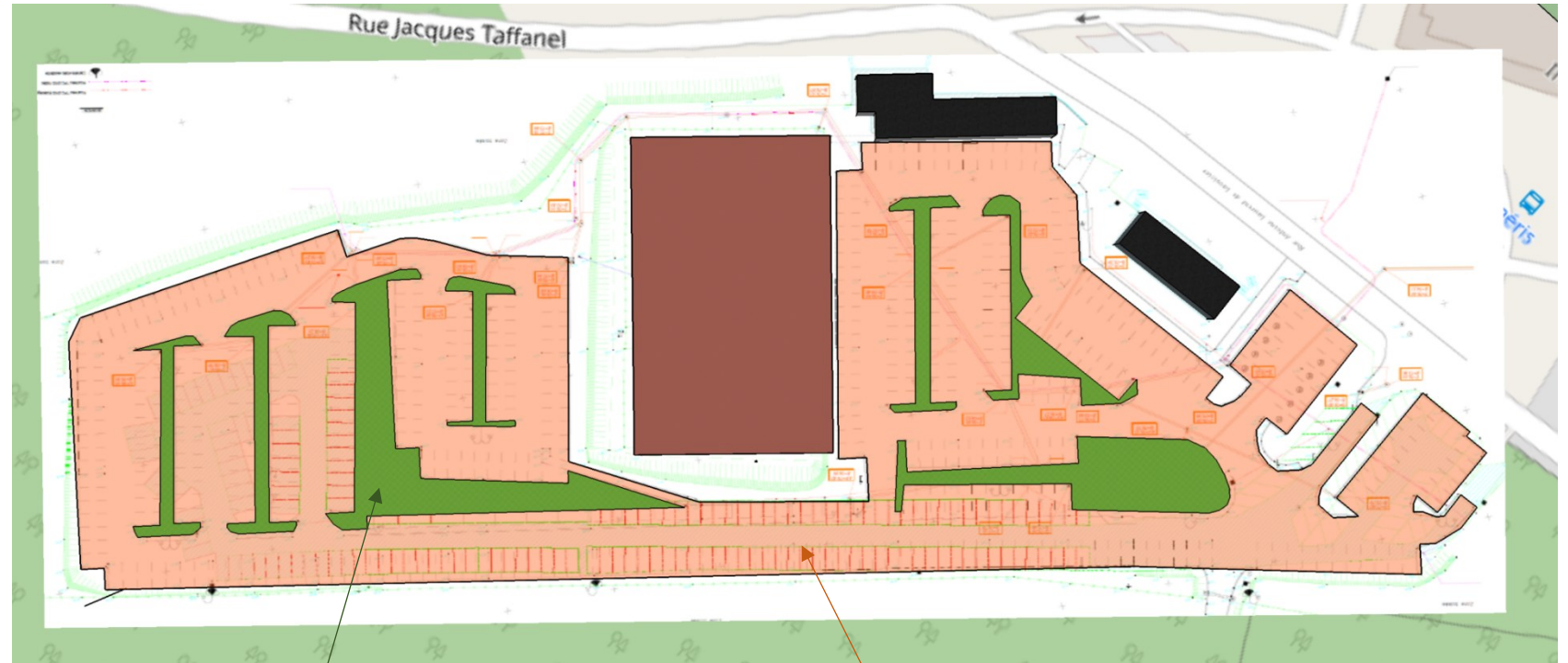
A Les emplacements destinés au stationnement des véhicules et de leurs remorques, situés en dehors de la voie publique et dans le périmètre compris entre la ou les entrées et la ou les sorties du parc.

S'agissant des emplacements équipés d'une borne de recharge : il convient de considérer si la fonction première de la place est un stationnement pour permettre au conducteur d'avoir une activité (achat, loisirs,...) ou si la place est destinée, principalement, à permettre la recharge électrique du véhicule (station-service ou avitaillement). Dans le premier cas, l'emplacement sera à intégrer dans le calcul de la superficie du parc. Dans le second cas, l'emplacement ne sera pas pris en compte.

B Les voies et les cheminements de circulation, les aménagements et les zones de péage permettant l'accès à ces emplacements, situés dans le périmètre compris entre la ou les entrées et la ou les sorties du parc.

$S = 10\,800 \text{ m}^2$ (*)
50% -> 5400 m^2
de PV

(*) Superficie exacte à valider par géomètre



Espace vert interne au parking
-> à déduire de la superficie

Superficie de parking = zones de
stationnement + voirie de circulation

Parking – dérogation possible à l'art. 40

- En théorie, dérogation possible si parking ombragé
 - Modalités de calcul et de justification de la dérogation en attente de publications légales complémentaires (décret d'application)
- Dérogation possible si enjeu patrimonial
 - La localisation du site dans les périmètres de protection patrimoniaux (abords de MH et site inscrit) suffit à activer une dérogation -> plus simple à mettre en œuvre.

Parking – analyse des masques

Implantation maximale d'ombrière PV sur le parking :

Gisement solaire (irradiation incidente kWh/m²) calculé pour chaque module photovoltaïque : les modules les mieux irradiés (1166 kWh/m²) sont affichés en vert, les moins bien irradiés en rouge.



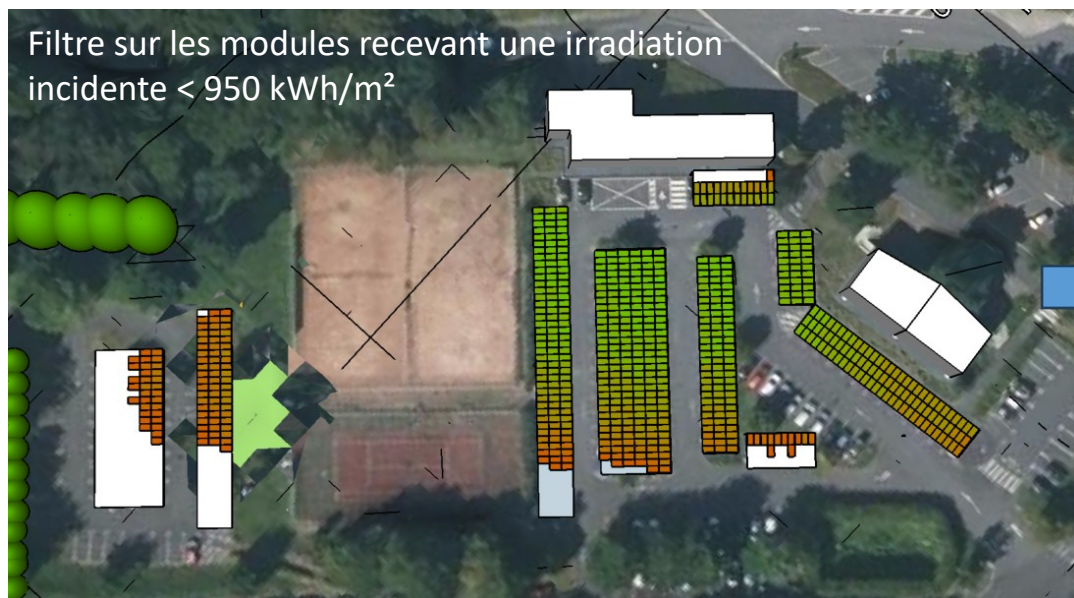
$$1\,690 / 10\,800 = 16\%$$

Avec cette
implantation, le taux
de couverture PV du
parking serait de
16%.

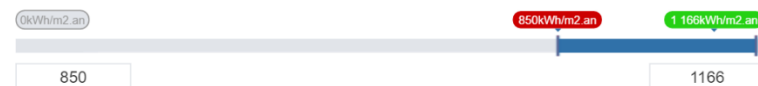
Parking – implantation retenue

$$975/10\ 800 = 9\%$$

Avec cette
implantation, le taux
de couverture PV du
parking serait de **9%**.



Affichage 3D 2D Aucun



Filtrage des modules



Caractéristiques installation photovoltaïque

Type d'intégration	Critères généraux d'implantation
Surface du générateur PV	975 m ²
Inclinaison	6°
Orientation	-4°
Puissance crête retenue kWc	210,93 kWc
Puissance unitaire Wc module PV	445 Wc
Nombre de modules PV	474
Type Module PV	mono-Si
Dimensions module PV	1,868m*1,07m
Puissance totale max onduleurs kVA	186,0 kVA
Nombre d'onduleurs	2
Types d'onduleurs	Onduleurs triphasés multi MPPT
Puissance max de raccordement en injection réseau Enedis	186 kVA

« Petit sol » (tennis, entrée)

- Table PV 2*6 ou 2*7, format paysage
- Inc : 20°
- Ori : selon parcelle
- Espace inter-table : selon ombres portées
- Contraintes :
 - Planéité du sol à contrôler, ou terrassement à prévoir
 - Etude géotechnique pour stabilité du système dans le temps



Table PV lestée par longrines béton – type TiltUp Vento de K2 Systèmes

Récapitulatif des installations en ombrière et au sol

Nom	Type de site	Puissance installée	Surface générateur PV	Energie produite (année 1)	Productible spécifique (P50)
Tennis (sol)	Sol	48,06 kWc	222 m ²	45 613 kWh	949 kWh/kWc
Parking	Ombrière	210,93 kWc	975 m ²	187 998 kWh	891 kWh/kWc
Entrée (sol)	Sol	96,12 kWc	445 m ²	97 592 kWh	1 015 kWh/kWc

Sur le parking, déploiement possible d'**1 installation** de **211 kWc** produisant **187 998 kWh** (année 1).

Au sol, déploiement possible de **2 installations**, pour une puissance de **144 kWc**, et une production de **143 205 kWh** (année 1).

Récapitulatif de toutes les installations

Nom	Type de site	Puissance installée	Surface générateur PV	Energie produite (année 1)	Productible spécifique (P50)
1-2-3-4-5-6-79	Bâtiment - toit terrasse	78,77 kWc	364 m ²	74 581 kWh	947 kWh/kWc
21	Bâtiment - toit terrasse	10,68 kWc	50 m ²	10 702 kWh	1 002 kWh/kWc
89	Bâtiment - toit terrasse	10,68 kWc	50 m ²	10 627 kWh	995 kWh/kWc
80 GRDF	Bâtiment - toit terrasse	32,04 kWc	148 m ²	30 151 kWh	941 kWh/kWc
12	Bâtiment - toit incliné / bac acier	43,16 kWc	199 m ²	47 985 kWh	1 112 kWh/kWc
122	Bâtiment - toit incliné / bac acier	106,35 kWc	492 m ²	101 124 kWh	951 kWh/kWc
Tennis (sol)	Sol	48,06 kWc	222 m ²	45 613 kWh	949 kWh/kWc
194	Bâtiment - toit terrasse	52,07 kWc	241 m ²	51 011 kWh	980 kWh/kWc
195	Bâtiment - toit terrasse	82,33 kWc	381 m ²	75 885 kWh	922 kWh/kWc
Parking	Ombrière	210,93 kWc	975 m ²	187 998 kWh	891 kWh/kWc
Entrée (sol)	Sol	96,12 kWc	445 m ²	97 592 kWh	1 015 kWh/kWc
171-172	Bâtiment - toit terrasse	46,83 kWc	256 m ²	41 156 kWh	879 kWh/kWc
10	Bâtiment - toit terrasse et sheds cintrés	112,73 kWc	574 m ²	113 549 kWh	1 007 kWh/kWc

Au total, déploiement possible de **13 installations**, pour une puissance de **930 kWc**, et une production de **887 974 kWh** (année 1).

Etude de l'autoconsommation

Configuration du site
Analyse de la courbe de charges

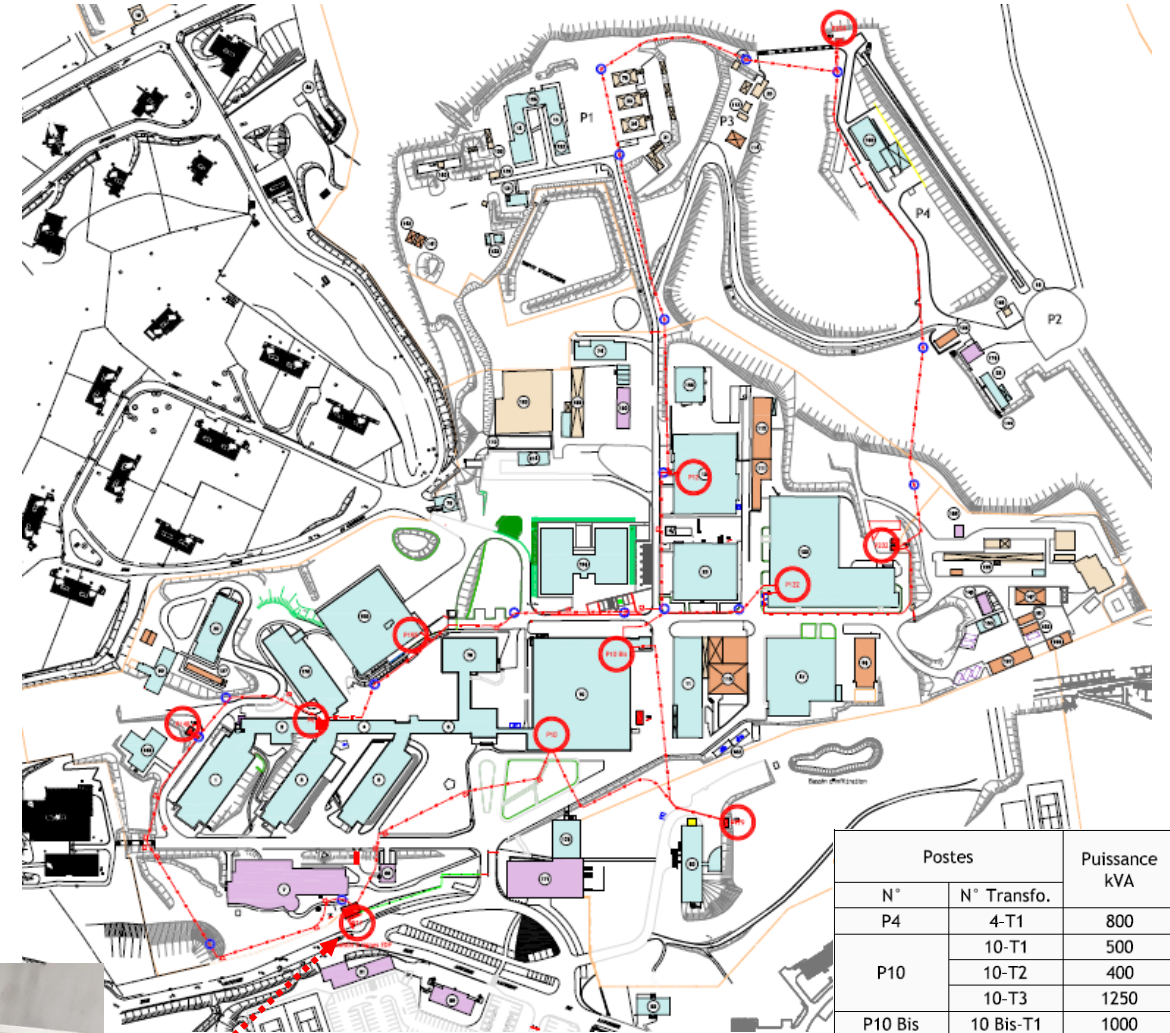
Alimentation du site

Site alimenté par Enedis :

- 1 PDL (Poste 17) avec 2 arrivées Enedis en 15 kV
- Puissance souscrite : 1,7 MW

Distribution interne au site :

- 1 boucle HTA (15 kV)
- 13 postes de transformation HT/BT, de 250 à 1250 kVA
- Réseau de distribution BT dans les bâtiments



P17

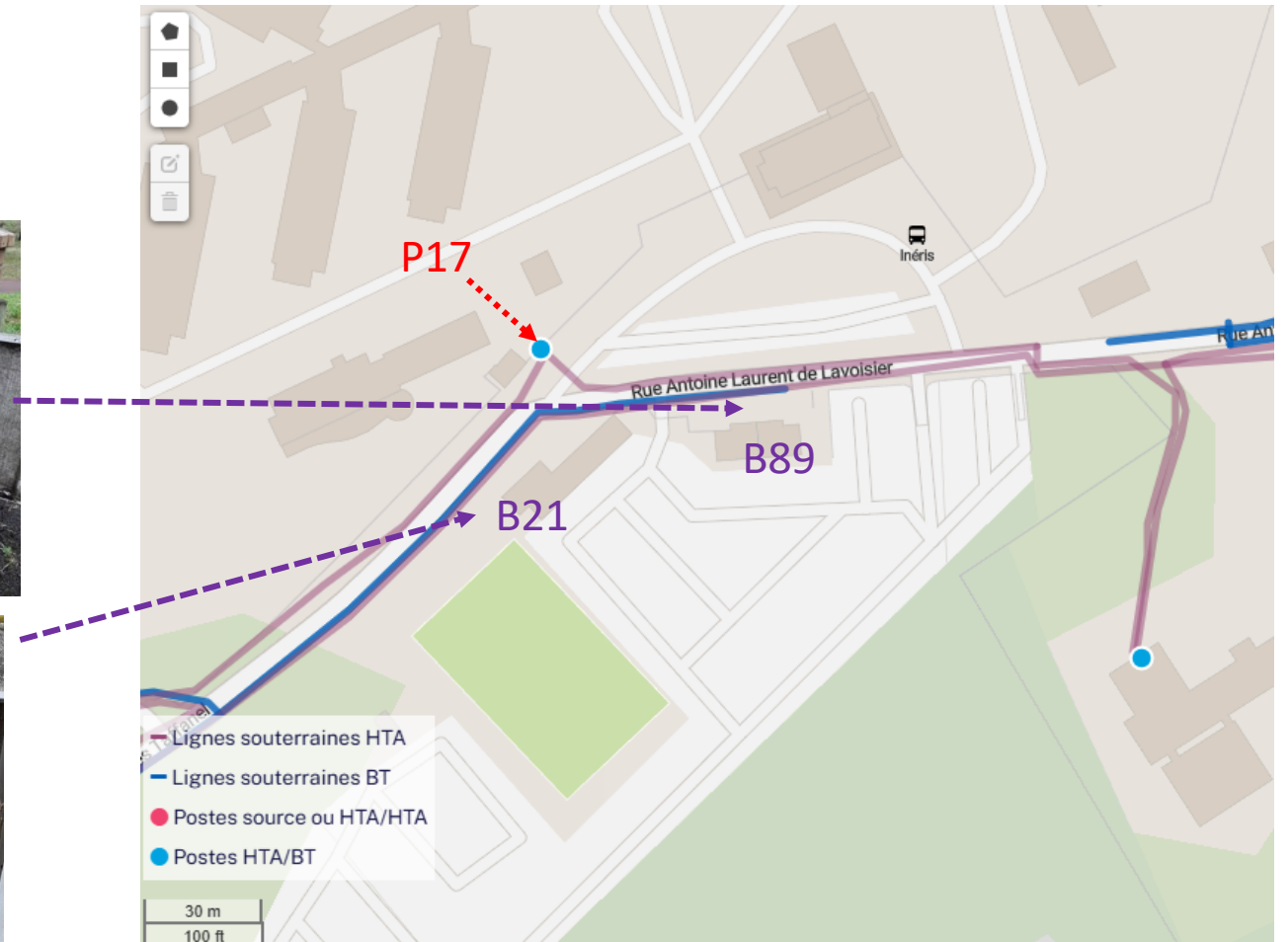
Postes		Puissance kVA
N°	N° Transfo.	
P4	4-T1	800
P10	10-T1	500
	10-T2	400
	10-T3	1250
P10 Bis	10 Bis-T1	1000
P12	12-T1	800
P17	17-T1	250
P122	122-T1	400
P148	148-T1	1000
P179	179-T1	630
P195	195-T1	630
P202	202-T1	1000
P203	203-T1	1000

Alimentation de la partie Sud du site

Bâtiments 21 et 89 disposent chacun de leur propre PDL en BT

Puissances souscrites :

- B21 : 12 kVA
- B89 : 2x 9 kVA

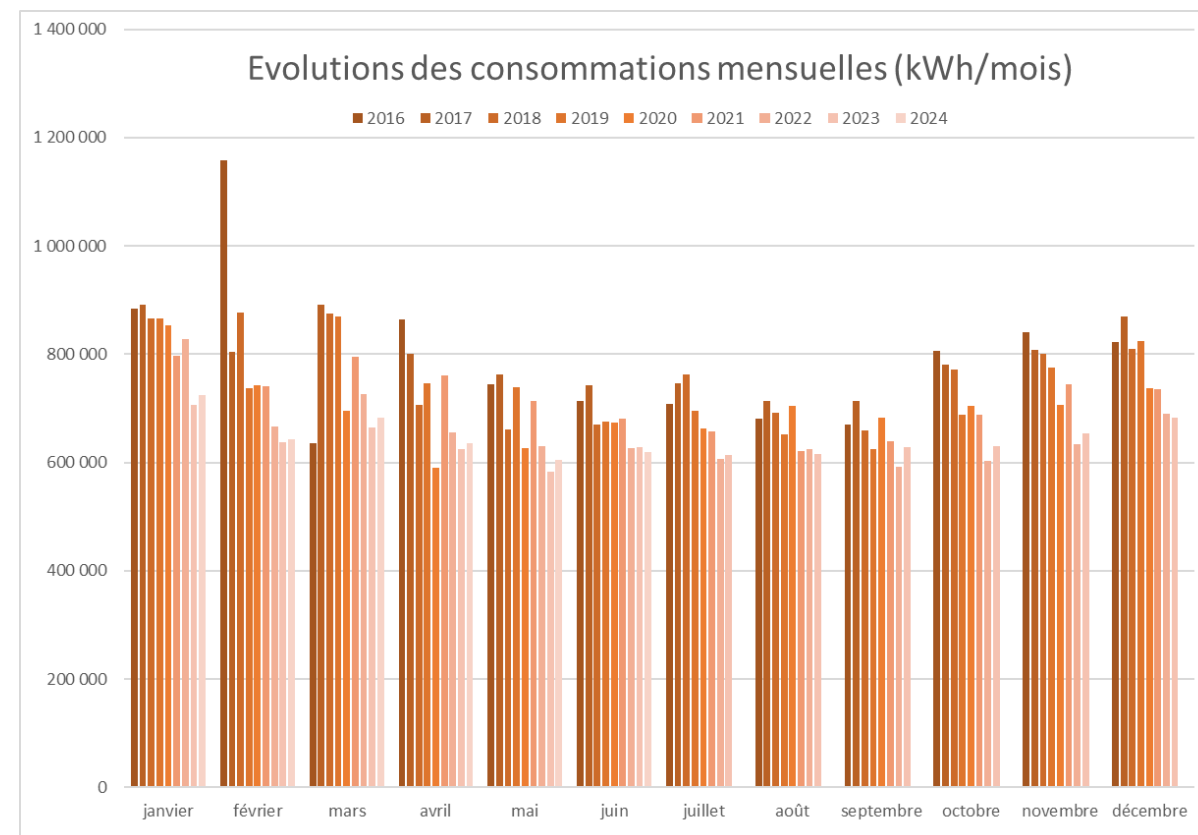


Consommations (PDL principal)

kWh	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
janvier	884 110	892 137	866 580	866 758	853 155	797 779	827 960	707 065	724 670
février	1 157 820	804 013	876 762	736 682	741 839	739 841	667 158	637 115	642 705
mars	635 503	891 197	875 776	869 135	695 105	794 796	726 821	664 776	682 795
avril	864 652	801 058	707 055	745 457	590 740	760 129	656 197	624 656	634 835
mai	743 821	763 244	661 617	739 198	625 605	714 141	629 898	582 617	604 381
juin	712 687	742 009	669 902	676 217	673 463	681 484	627 308	628 704	618 520
juillet	707 445	746 789	762 440	696 140	661 927	656 532	606 553	613 184	
août	681 296	713 603	692 144	651 159	704 319	620 756	623 808	616 269	
septembre	669 745	713 943	658 301	625 294	682 860	639 654	592 050	628 816	
octobre	805 703	781 355	771 644	688 399	704 767	687 663	603 217	630 173	
novembre	839 714	807 638	801 376	775 612	705 702	744 610	633 535	653 190	
décembre	823 241	870 447	810 533	825 046	737 713	735 864	689 692	683 093	
TOTAL	9 525 737	9 527 433	9 154 130	8 895 097	8 377 195	8 573 249	7 884 197	7 669 658	
Evolution par rapport N-1		0,02%	-4,08%	-2,91%	-6,18%	2,29%	-8,74%	-2,80%	
Evolution sur la période								-19%	

La consommation du site (abonnement principal) est passée de 9,5 GWh/an à 7,7 GWh/an entre 2016 et 2023 (soit une baisse de 19%).

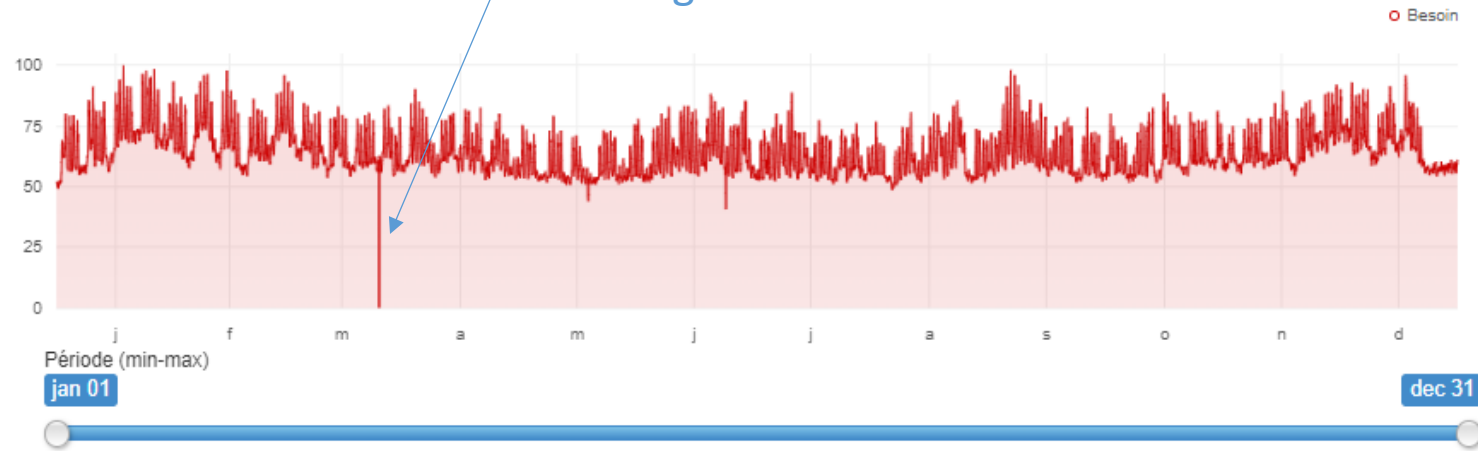
Pour la suite de l'étude : **2023** comme année de référence.



Analyse des courbes de charge

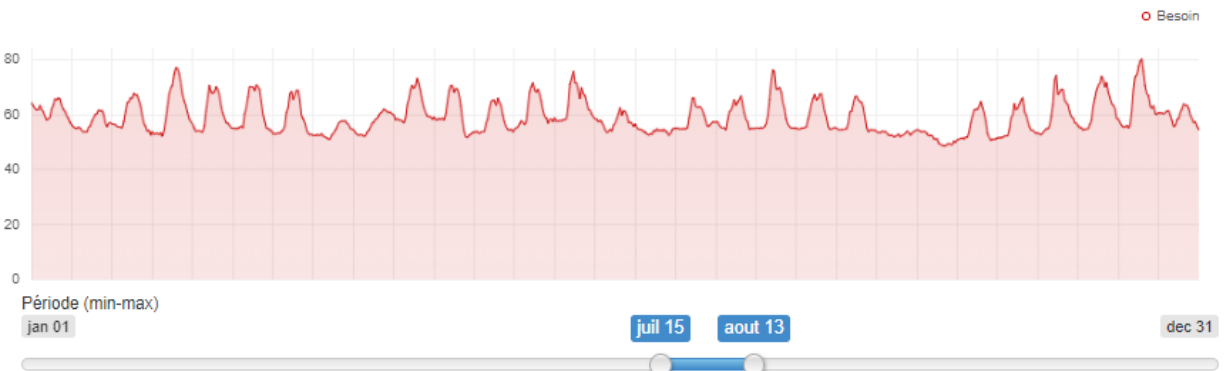
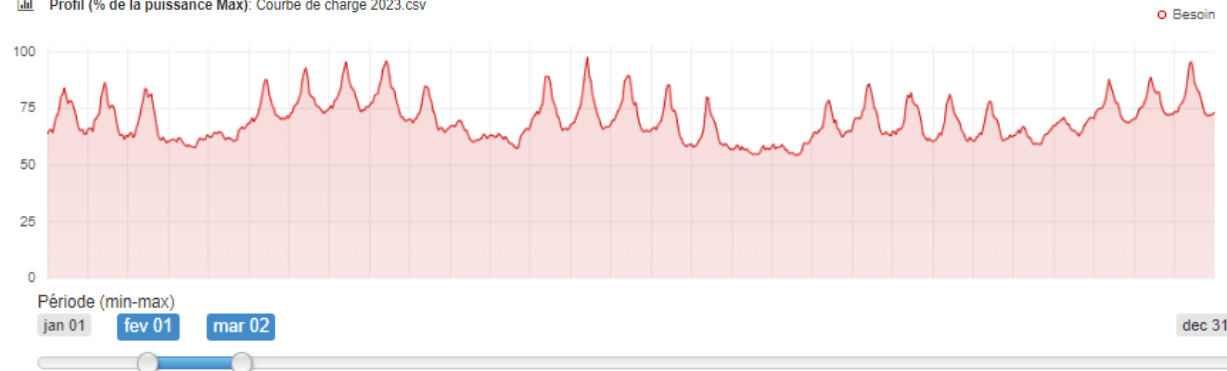
Pas de données le 26/03 à 02h00
-> changement d'heure ??

Profil (% de la puissance Max): Courbe de charge 2023.csv



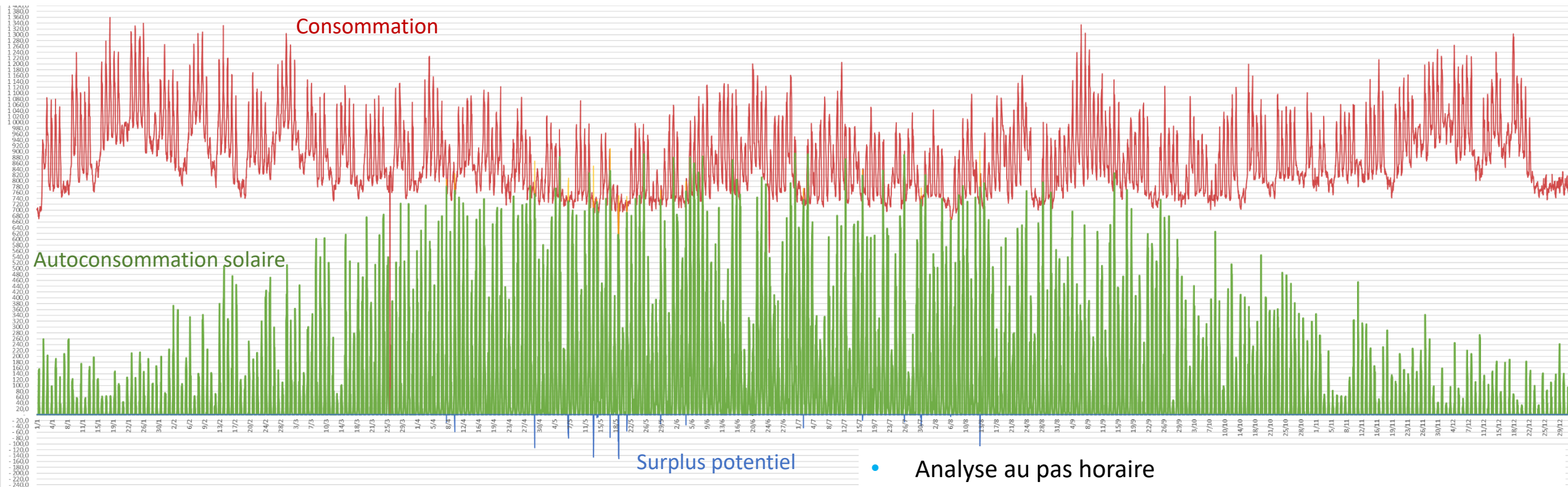
- Puissance max : 1360 kW (18/01 à 10h)
- Puissance min : 556 kW (24/06 à 10h)

Profil (% de la puissance Max): Courbe de charge 2023.csv



Analyse de l'autoconsommation

Scénario de base : déploiement de toutes les installations PV modélisées, dans un objectif de maximisation de la puissance installée



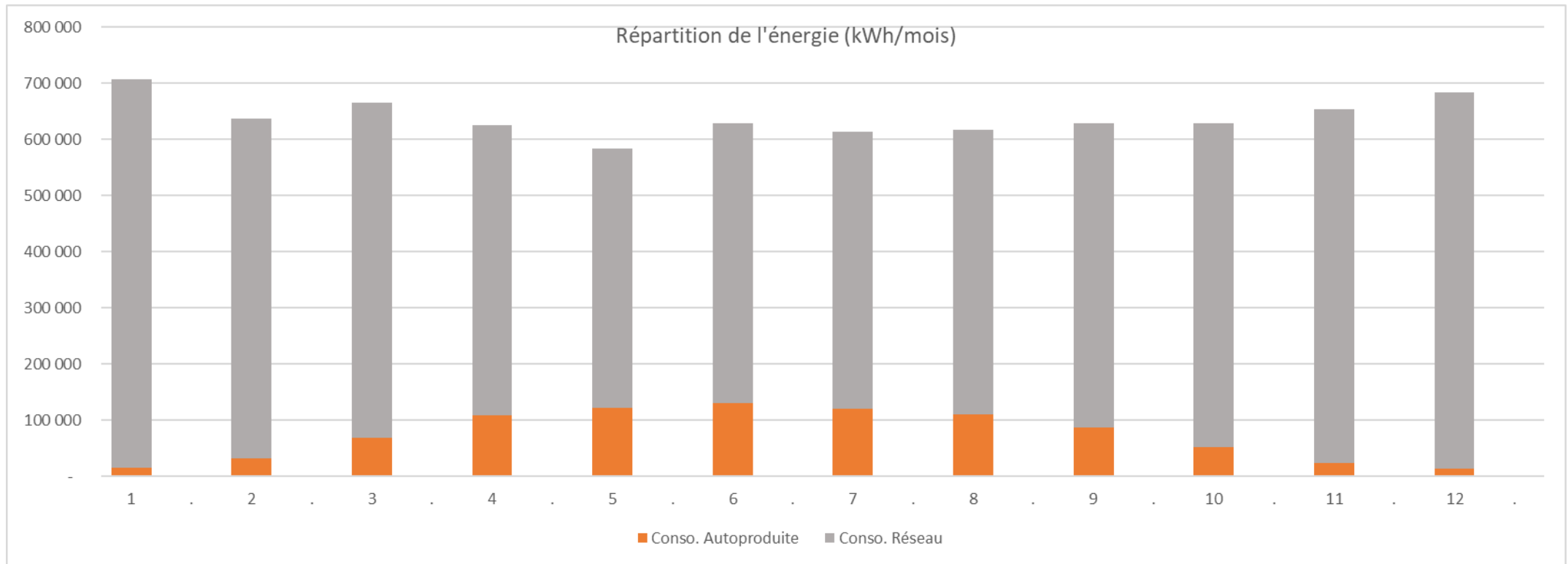
Taux d'autoconso. (autoconso / prod) **99,8%**

Taux d'autoproduction (autoconso / conso) **12%**

- Analyse au pas horaire
- Somme des courbes de production de différentes installations
- Surplus potentiel : 0,2% -> **autoconsommation totale** à privilégier

Analyse de l'autoconsommation

Vision mensuelle (scénario de base) :



Evaluation des contraintes de raccordement

Au niveau d'Enedis :

Même en autoconsommation totale (= sans injection), l'installation PV doit faire l'objet d'une convention avec le gestionnaire de réseau.

- ➔ Protection de découplage des onduleurs (externe si $P > 250$ kVA)
- ➔ Dispositif garantissant la non-injection (par bridage dynamique des onduleurs)

Niveau interne au site :

Raccordement envisagé en BT sur le réseau du site.

Principe : **chaque installation PV se raccorde en BT, dans l'armoire la plus proche susceptible d'absorber la puissance qui y sera injectée, et au plus loin au niveau du TGBT du bâtiment**

*(si $P_{max\ ond} < P_{transfo}$ -> **OK**)*

Pour la partie Sud : **création d'un raccordement, en passant sous la voie publique qui traverse le site.**

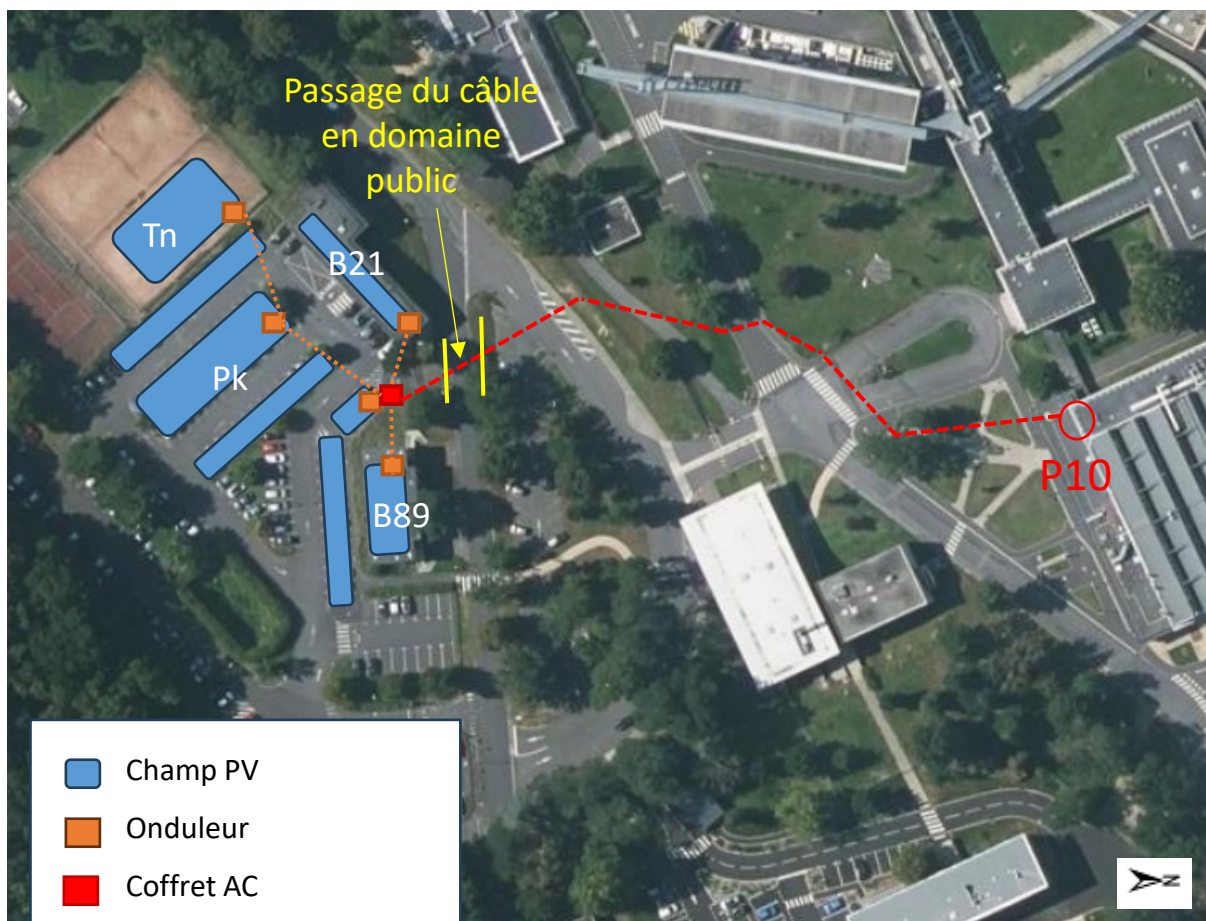
Raccordement interne au site

Installation	Pmax AC onduleur (kVA)	Poste de transfo alimentant le bâtiment	P transfo (kVA)	Commentaire
1-2-3-4-5-6-79	74	P4 P10 P148	800 400 / 500 / 1250 1000	<i>Un seul point de raccordement sera nécessaire, à définir selon les spécificités internes du site (*)</i>
21	10	-		Partie Sud – raccordement spécifique
89	10	-		Partie Sud – raccordement spécifique
80 GRDF	30	P179	630	OK
12	46,2	P12	800	OK
122	99	P122	400	OK
Tennis (sol)	48	-		Partie Sud – raccordement spécifique
194	52	P10bis	1000	OK
195	82	P195	630	OK
Parking	186	-		Partie Sud – raccordement spécifique
Entrée (sol)	96	Le plus proche : P10	400 / 500 / 1250	OK
171-172	50	P179	630	OK
10	105	P10 P10bis	400 / 500 / 1250 1000	<i>Un seul point de raccordement sera nécessaire, à définir selon les spécificités internes du site (*)</i>

(*) Arrêt d'urgence de chacun des bâtiments à équiper d'un arrêt de l'installation PV.

Raccordement Partie Sud (1/2)

Cheminement envisagé



- Champ PV
- Onduleur
- Coffret AC
- Câble de raccord AC
- Câbles ond – coffret AC

Dimensionnement du câble AC de raccordement

☐ Mono- ϕ ☒ Tri- ϕ	$b = 1$
☐ Cuivre ☒ Alu	$\rho_1 = 0,037 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}$
☒ PR (R2V) ☐ PVC	Type de câble PR 3
P = 254 kVA P = 50,8 kVA	Nb câbles/ph = 5 $= (3 \cdot U_0 \cdot I_B \cdot \cos\phi)$
$\Delta u \% < 1,0\%$ L = 160 m	
$\cos\phi = 0,94$ $\lambda = 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m}$	$\sin\phi = 0,3$
$I_B = 78 \text{ A}$ $U_0 = 230 \text{ V}$ $S_{\text{théo.}} > 222,6 \text{ mm}^2$	$I_B \text{ Total } 392 \text{ A}$ (R = 0,02 Ω) $S_{\text{mini}} = 240 \text{ mm}^2$ 4x5x1 240 ² Alu
- Mode de pose 61 - Enterré sous fourreaux ☐ multi-conducteurs ☒ mono-conducteurs - T °C ambiante (défaut 30) - T °C du sol (défaut 20)	50 → 20 →
Méthode de référence : D Facteur méthode : 0,8 Facteur T °C ambiante : 1 Facteur T °C du sol : 1 Autre facteur de correction : 0,80 Facteur global : 0,64	

Alu.	S (mm ²)	$\Delta u \%$	I_B/S	$< I_{adm.}/S$	$I_{adm.} \text{ (A)}$	$I_B/I_{adm.}$
	1,5	-	52,22	-	0,0	-
	2,5	75,95%	31,33	-	0,0	-
	4	47,52%	19,58	-	0,0	-
	6	31,73%	13,05	-	0,0	-
	10	19,10%	7,83	4,29	42,9	-
	16	11,99%	4,90	3,48	55,7	-
	25	7,73%	3,13	2,84	71,0	-
	35	5,56%	2,24	2,45	85,8	91%
	50	3,94%	1,57	2,05	102,4	76%
	70	2,86%	1,12	1,80	126,1	62%
	95	2,14%	0,82	1,58	149,8	52%
	120	1,73%	0,65	1,42	170,2	46%
	150	1,41%	0,52	1,28	192,0	41%
	185	1,17%	0,42	1,17	215,7	36%
OK	240	0,94%	0,33	1,03	248,3	32%
OK	300	0,78%	0,26	0,94	281,6	28%
	400	0,62%	0,20	-	0,0	-
	500	0,53%	0,16	-	0,0	-
	630	0,45%	0,12	-	0,0	-

si méthode B, C, E, F
si méthode D

Raccordement Partie Sud (2/2)

- 1 unique coffret AC alimenté par les onduleurs des installations B21, B89, Parking, Tennis (soit 254 kVA de Pmax)
- Dimensionnement du câble en BT (400V) en limitant chute de tension à 1%
 - Selon UTE C-15-712 : chute de tension AC entre onduleur et PDL :
 - Recommandation 1% maximum
 - Obligation 3% maximum
- Poste P10 plus loin que P17, mais transfo de P17 de puissance 250 kVA -> un peu juste !
- Passage d'une canalisation privée en domaine public -> **demande d'autorisation à prévoir, décision incertaine, redevance d'occupation du domaine public ?**
- Solution alternative : créer un PDL d'injection en partie Sud et valoriser la production électrique via une autoconsommation collective.

Autres contraintes de raccordement

- Présence de Groupes Electrogènes sur site
 - Il est nécessaire de s'assurer qu'en cas de défaillance de l'alimentation réseau, l'installation PV ne réinjecte pas dans les GE.
 - 2 options :
 - Raccordement de l'installation PV dans un TGBT (ou un JDB) non secouru -> découplage (au niveau de l'onduleur) de l'installation PV en cas de défaillance réseau
 - Si pas possible, prévoir la mise en place d'un inverseur de source entre le GE et le générateur PV.
- Raccordement du site en HTA, puissance PV installée > 250 kVA
 - Nécessité de mise en place d'une protection de découplage externe des onduleurs (en plus de la protection interne) : adaptation ou remplacement de la cellule de mesure (HTA) dans le PDL du site.



Etude économique

Scénario de base : déploiement de la puissance maximale

Budget d'investissement et charges annuelles par installation

Nom	Type de site	Puissance installée	CAPEX (€ HT) - inclus étude et MOE	CAPEX (€ HT / Wc)	OPEX - année 1 (€/an)
1-2-3-4-5-6-79	Bâtiment - toit terrasse	78,77 kWc	114 800 €	1,46 € HT / Wc	1 800 €
21	Bâtiment - toit terrasse	10,68 kWc	28 800 €	2,70 € HT / Wc	400 €
89	Bâtiment - toit terrasse	10,68 kWc	28 800 €	2,70 € HT / Wc	400 €
80 GRDF	Bâtiment - toit terrasse	32,04 kWc	54 600 €	1,70 € HT / Wc	900 €
12	Bâtiment - toit incliné / bac acier	43,16 kWc	63 200 €	1,46 € HT / Wc	900 €
122	Bâtiment - toit incliné / bac acier	106,35 kWc	155 800 €	1,46 € HT / Wc	1 800 €
Tennis (sol)	Sol	48,06 kWc	77 700 €	1,62 € HT / Wc	1 000 €
194	Bâtiment - toit terrasse	52,07 kWc	72 900 €	1,40 € HT / Wc	1 200 €
195	Bâtiment - toit terrasse	82,33 kWc	105 200 €	1,28 € HT / Wc	1 800 €
Parking	Ombrière	210,93 kWc	391 500 €	1,86 € HT / Wc	3 300 €
Entrée (sol)	Sol	96,12 kWc	129 500 €	1,35 € HT / Wc	2 100 €
171-172	Bâtiment - toit terrasse	46,83 kWc	73 000 €	1,56 € HT / Wc	900 €
10	Bâtiment - toit terrasse et sheds cintrés	112,73 kWc	174 300 €	1,55 € HT / Wc	1 800 €

Si déploiement de l'ensemble des installations projetées :

- Investissement total : 1,47 M€ HT
- Charges annuelles : 18,3 k€ HT/an (année 1)

NB: L'investissement comprend le coût des travaux PV, les études et MOE associées.

Il ne comprend pas les coûts périphériques tels que réfection d'étanchéité (cf. p51), renforcement structurel, fondations spéciales...

Détail des coûts de chacune des installations présentées en annexe.

Exonération de CSPE ?

- Référence réglementaire: *Article 266 quinquies C du Code des Douanes*
 - 1. Il est institué une taxe intérieure sur la consommation finale d'électricité relevant du code NC 2716 de la nomenclature douanière, fournie ou consommée quelle que soit la puissance souscrite, et qui est dénommée " contribution au service public de l'électricité ". [...]
 - 5. **L'électricité est exonérée de la taxe** mentionnée au 1 lorsqu'elle est : [...]
 - 4° Produite par de petits producteurs d'électricité qui la consomment **intégralement** pour les besoins de leur activité. Sont considérées comme petits producteurs d'électricité les personnes qui exploitent des installations de production d'électricité dont **la production annuelle n'excède pas 240 millions de kilowattheures** par site de production. Cette disposition s'applique également à la part, consommée sur le site, de l'électricité produite par les producteurs d'électricité pour lesquels la puissance de production installée sur le site est inférieure à **1 000 kilowatts**. Pour les installations de production d'électricité utilisant l'énergie solaire photovoltaïque, la puissance installée s'entend de la puissance crête installée;
- **Impact potentiel sur l'économie du projet :**
 - Si autoconsommation totale (sans surplus) : exonération totale de CSPE tant que production < 240 000 MWh/an (-> OK)
 - Si vente de surplus : exonération totale de CSPE si la puissance du projet < 1 MWc. Dans le cas contraire, la CSPE resterait due sur la totalité de la production photovoltaïque (part autoconsommée et surplus vendu).

Analyse des factures et de l'autoconsommation solaire (année 0) - fourniture

Répartition des consommations (fourniture)							
	Mois / Tranche	P	HPH	HCH	HPE	HCE	Total
Hiver	1	100 978	299 776	305 927	0	0	706 681
	2	92 419	271 136	273 296	0	0	636 851
	3	0	390 374	274 740	0	0	665 114
Eté	4	0	0	0	361 105	263 631	624 736
	5	0	0	0	328 064	254 631	582 694
	6	0	0	0	377 651	251 091	628 742
	7	0	0	0	365 195	247 880	613 075
	8	0	0	0	355 606	260 651	616 257
	9	0	0	0	376 627	252 339	628 966
	10	0	0	0	359 800	269 478	629 278
Hiver	11	0	383 384	269 484	0	0	652 868
	12	101 413	300 741	281 185	0	0	683 338
	kWh	294 809	1 645 411	1 404 632	2 524 048	1 799 701	7 668 601
Fourniture							
tarif fourniture c€HT/kWh		37,927	22,659	6,305	7,047	3,876	10,704
	Fourniture €HT	111 812	372 834	88 562	177 870	69 756	820 834
tarif CEE c€HT/kWh		0,602	0,602	0,602	0,602	0,602	0,602
	CEE €HT	1 775	9 905	8 456	15 195	10 834	46 165
tarif Capacités c€HT/kWh		0,535	0,535	0,535	0,535	0,535	0,535
	Capacités €HT	1 577	8 803	7 515	13 504	9 628	41 027
		39,064	23,796	7,442	8,184	5,013	908 026

Autoconsommation solaire année 0 (fourniture)						
Mois / Tranche	P	HPH	HCH	HPE	HCE	Total
1	759	13 279	2 107	0	0	16 146
2	2 637	25 680	3 649	0	0	31 966
3	0	60 819	7 470	0	0	68 290
4	0	0	0	93 963	15 339	109 302
5	0	0	0	101 634	21 071	122 705
6	0	0	0	116 091	14 150	130 241
7	0	0	0	105 233	15 660	120 893
8	0	0	0	90 225	19 769	109 994
9	0	0	0	78 338	9 095	87 433
10	0	0	0	44 262	8 071	52 333
11	0	20 042	3 283	0	0	23 326
12	864	12 010	990	0	0	13 865
kWh	4 260	131 831	17 501	629 745	103 155	886 492
Fourniture						
tarif fourniture c€HT/kWh	37,927	22,659	6,305	7,047	3,876	9,133
Fourniture €HT	1 616	29 872	1 103	44 378	3 998	80 967
tarif CEE c€HT/kWh	0,602	0,602	0,602	0,602	0,602	0,602
CEE €HT	26	794	105	3 791	621	5 337
tarif Capacités c€HT/kWh	0,535	0,535	0,535	0,535	0,535	0,535
Capacités €HT	23	705	94	3 369	552	4 743
						91 047

Sur la part fourniture d'électricité, les consommations actuelles s'élèvent à 908 026 €. Le projet d'autoconsommation permettrait d'économiser **91 047 €** (année 0).

Analyse des factures et de l'autoconsommation solaire (année 0) - acheminement

Répartition des consommations (acheminement)							
	Mois / Tranche	P	HPH	HCH	HPE	HCE	Total
Hiver	1	100 978	299 776	305 927	0	0	706 681
	2	92 419	271 136	273 296	0	0	636 851
	3	0	390 374	274 740	0	0	665 114
Eté	4	0	0	0	361 105	263 631	624 736
	5	0	0	0	328 064	254 631	582 694
	6	0	0	0	377 651	251 091	628 742
	7	0	0	0	365 195	247 880	613 075
	8	0	0	0	355 606	260 651	616 257
	9	0	0	0	376 627	252 339	628 966
	10	0	0	0	359 800	269 478	629 278
Hiver	11	0	383 384	269 484	0	0	652 868
	12	101 413	300 741	281 185	0	0	683 338
	kWh	294 809	1 645 411	1 404 632	2 524 048	1 799 701	7 668 601
Utilisation du réseau							
tarif CS-variable (ci) c€HT/kWh		2,88	2,19	1,58	0,74	0,59	
CS-variable (€ HTVA)		8 491	36 034	22 193	18 678	10 618	96 014
CS fixe (€ HTVA)		42517					42 517
CC (€ HTVA)		340					340
CG (€ HTVA)		399					399
							139 271

Autoconsommation solaire année 0 (acheminement)						
Mois / Tranche	P	HPH	HCH	HPE	HCE	Total
1	759	13 279	2 107	0	0	16 146
2	2 637	25 680	3 649	0	0	31 966
3	0	60 819	7 470	0	0	68 290
4	0	0	0	93 963	15 339	109 302
5	0	0	0	101 634	21 071	122 705
6	0	0	0	116 091	14 150	130 241
7	0	0	0	105 233	15 660	120 893
8	0	0	0	90 225	19 769	109 994
9	0	0	0	78 338	9 095	87 433
10	0	0	0	44 262	8 071	52 333
11	0	20 042	3 283	0	0	23 326
12	864	12 010	990	0	0	13 865
kWh	4 260	131 831	17 501	629 745	103 155	886 492
Utilisation du réseau économies réalisées						
f CS-variable (ci) c€HT/kWh	2,88	2,19	1,58	0,74	0,59	
CS-variable (€ HTVA)	123	2 887	277	4 660	609	8 555
CS fixe (€ HTVA)						0
CC (€ HTVA)						0
CG (€ HTVA)						0
						8 555

Sur la part acheminement d'électricité, les consommations actuelles s'élèvent à 139 271 €. Le projet d'autoconsommation permettrait d'économiser **8 555 €** (année 0).

1. **Identify the problem.** The first step in the problem-solving process is to identify the problem. This involves recognizing the issue, understanding its scope, and determining the impact it has on the organization.

Economies réalisées par l'autoconsommation solaire

Taxes et contributions :						
CSPE (€ HTVA /kWh)	96	2 966	394	14 169	2 321	19 946
CTA (€ HTVA)						0
						19 946

Hypothèses de l'étude économique

Coût du kWh réseau année 1 à 5 : stagnation par rapport au tarif 2024
Puis : augmentation linéaire +3%/an sur 30 ans.

Prix de valorisation du kWh autoconso an 1	13,49	c€HT/kWh
Investissement total	1 470 100 €	HT
Aides disponibles	-	(0%)
Reste à financer (CAPEX)	1 470 100 €	HT
Fonds propres	294 020 €	(20%)
Taux rémunération des FP	0,00%	
Emprunt	1 176 080 €	(80%)
Taux d'emprunt	3,00%	
Durée d'emprunt	15	ans
Annuité d'emprunt	98 516	€
Taux IS	0%	
Taux actualisation	2,4%	
Taux augmentation des coûts	2,0%	
Perte de rendement des panneaux	0,5%	
Entretien annuel & assurance	18 300 €	HT/an

An	Evolution €/kWh sur 30 ans			Aug. Coûts
	Coût kWh 100% réseau	Valorisation du kWh AC	Coût kWh solde réseau	
1	16,031	13,485	16,363	0,0%
2	16,031	13,485	16,363	0,0%
3	16,031	13,485	16,363	0,0%
4	16,031	13,485	16,363	0,0%
5	16,031	13,485	16,363	0,0%
6	16,512	13,890	16,854	3,0%
7	17,007	14,307	17,360	3,0%
8	17,517	14,736	17,881	3,0%
9	18,043	15,178	18,417	3,0%
10	18,584	15,633	18,970	3,0%
11	19,141	16,102	19,539	3,0%
12	19,716	16,585	20,125	3,0%
13	20,307	17,083	20,729	3,0%
14	20,916	17,596	21,350	3,0%
15	21,544	18,123	21,991	3,0%
16	22,190	18,667	22,651	3,0%
17	22,856	19,227	23,330	3,0%
18	23,542	19,804	24,030	3,0%
19	24,248	20,398	24,751	3,0%
20	24,975	21,010	25,494	3,0%
21	25,724	21,640	26,258	3,0%
22	26,496	22,289	27,046	3,0%
23	27,291	22,958	27,857	3,0%
24	28,110	23,647	28,693	3,0%
25	28,953	24,356	29,554	3,0%
26	29,822	25,087	30,441	3,0%
27	30,716	25,840	31,354	3,0%
28	31,638	26,615	32,294	3,0%
29	32,587	27,413	33,263	3,0%
30	33,565	28,236	34,261	3,0%

Résultats

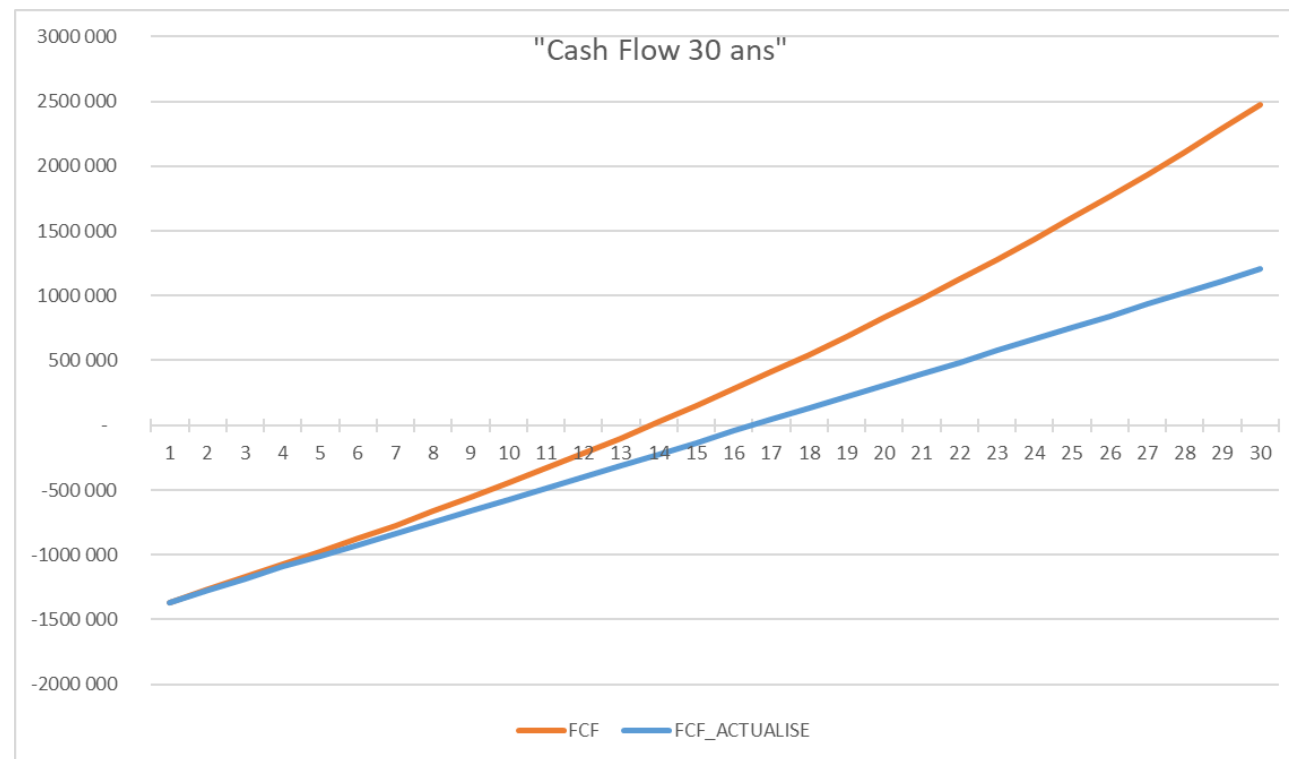
Projet rentable en **17 ans** (TRA) dans les hypothèses définies (pour une durée de vie estimée de l'installation > 30 ans).

Le Temps de Retour Brut est de 14 ans.

VAN 30	1 176 498 €	
TRI 30	6,9%	
LCOE 30	11,177	c€/kWh
TRA	17	ans

Rentabilité dépend principalement de l'évolution du coût de l'électricité :

- Si +3%/an sur 30 ans -> TRA passe à 15 ans.
- Si +3%/an de an 1 à 5 puis +5%/an -> TRA passe à 14 ans.



Budget indicatif pour travaux annexes

Nom	Type de site	Surface des zones équipées (m ²) (1)	Réfection de l'étanchéité des zones équipées (HT)	Linéaire de garde corps en remplacement de lignes de vie (ml)	Mise en place de garde-corps (HT)	Autres postes (HT)	Total (HT)
1-2-3-4-6-79	Bâtiment - toit terrasse	1900	304 000 €				304 000 €
5	Bâtiment - toit terrasse	560	90 000 €				90 000 €
21	Bâtiment - toit terrasse	350	56 000 €				56 000 €
89	Bâtiment - toit terrasse	230	37 000 €				37 000 €
80 GRDF	Bâtiment - toit terrasse	470	75 000 €				75 000 €
12	Bâtiment - toit incliné / bac acier						
122	Bâtiment - toit incliné / bac acier						
122	Bâtiment - toit terrasse	460	74 000 €	150 (2)	22 500 €		96 500 €
Tennis (sol)	Sol						
194	Bâtiment - toit terrasse	1200	192 000 €				192 000 €
195	Bâtiment - toit terrasse	1400	224 000 €			(3) 15 000 €	239 000 €
Parking	Ombrière					(4) 6 000 €	6 000 €
Entrée (sol)	Sol					(5) 3 000 €	3 000 €
171	Bâtiment - toit terrasse	710	114 000 €				114 000 €
172	Bâtiment - toit terrasse	240	38 000 €	65 (2)	10 000 €		48 000 €
10	Bâtiment - toit terrasse	370	59 000 €				59 000 €
10	Bâtiment - sheds cintrés						

(1) Sous certaines conditions (cf. p20), l'installation PV pourra être mise en œuvre directement sur le complexe existant sans nécessité de réfection préalable.

(2) Sur B122 et B172, les lignes de vies situées au centre de toiture représentent un encombrement important. Un remplacement par des garde-corps a été considéré dans l'étude.

(3) Dépose de la végétalisation existante.

(4) Dépose des candélabres et arbres.

(5) Dépose des drapeaux, des candélabres et arbres.

TOTAL :
1 320 000 € HT

Impact carbone

Impact carbone des panneaux

2 types d'évaluations existent :

- **Evaluation Carbone Simplifiée** (selon méthode décrite dans arrêté tarifaire du 06/10/2021 dit « S21 » et les Cahiers des charges des appels d'offres de la CRE) : permet d'évaluer l'impact carbone uniquement du laminé photovoltaïque (panneau sans cadre) en fonction des pays où se déroulent les différentes étapes de fabrication.

Exemple : pour être éligible à l'arrêté tarifaire, une installation > 100 kWc doit mettre en œuvre des panneaux avec ECS $< 550 \text{ kg}_{\text{eq}}\text{CO}_2/\text{kWc}$.

- Profil Environnemental du Produit (**PEP Ecopassport**) (<https://register.pep-ecopassport.org/pep/consult>) : analyse plus complète de l'impact environnemental, qui inclut aussi les étapes de transport, distribution, construction, exploitation, fin de vie.

Exemple : VOLTEC TARKA 126 VSMS $\sim 600 \text{ kg}_{\text{eq}}\text{CO}_2/\text{kWc}$



Impact carbone du scénario

Puissance crête	930,7 kWc
Production moyenne MWh/an sur 30 ans	826,6 MWh/an
Facteur d'émission CO2 d'un module photovoltaïque VOLTEC (*)	600 kg Eq. CO2/kWc
Coût de production du kWh PV (g Eq. CO2/kWh)	23 g Eq. CO2/kWh
Coût de production du kWh Mix français (g Eq. CO2/kWh) (**)	45 g Eq. CO2/kWh
Economie de production d'un kWh PV (g Eq. CO2/kWh)	22 g Eq. CO2/kWh
CO2 moyen annuel évité par l'installation (tonnes/an)	18,6 to CO2/an
CO2 évité par l'installation sur 30 ans (tonnes)	557,4 to CO2

(*) Pour un module équivalent fabriqué entièrement en Asie la valeur peut atteindre 1600 kg Eq. CO₂/kWc

(**) D'après RTE, historique 2010-2023 : <https://analysesetdonnees.rte-france.com/bilan-electrique-2023/emissions#Analysehistorique>

D'après une étude RTE (<https://assets.rte-france.com/prod/public/2020-06/note%20bilans%20co2.pdf>), la production d'énergies renouvelables (prioritaires sur le réseau) se substitue principalement à de l'énergie issue de productions thermiques fossiles en Europe (gaz, charbon, fioul).

Ainsi, d'après HESPUL : "en moyenne, 1 kWh éolien ou photovoltaïque évite ainsi l'émission de 480 gCO₂/kWh_e."

<https://www.photovoltaique.info/fr/info-ou-intox/les-enjeux-environnementaux/temps-de-retour-carbone/emissions-evitees-et-temps-de-retour/>

Scénario alternatif

Prise en compte des résultats du Diagnostic Structure

Dimensionnement révisé

Etude économique / optimisation de rentabilité

Résultats du diagnostic structure

Synthèse du diagnostic réalisé par DEMO (indice 1 – mars 2025) :

-> Les bâtiments avec **avis défavorable (en rouge)** sont écartés de l'étude.

Synthèse sur l'aptitude des bâtiments à recevoir une charge de 20kg/m² pour la mise en œuvre des panneaux photovoltaïques.

Bâtiment B1	Une charge de 20kg/m ² est disponible	Bâtiment B194	Une charge de 20kg/m ² est disponible
Bâtiment B2	Une charge de 20kg/m ² est disponible	Bâtiment B195	Une charge de 20kg/m ² est disponible
Bâtiment B3	Il nous est impossible de justifier une réserve de surcharge exploitable. Possible si confirmation de la démolition des « cabines » en terrasse	Bâtiment B171	Il nous est impossible de justifier une réserve de surcharge exploitable
Bâtiment B4	Il nous est impossible de justifier une réserve de surcharge exploitable mais une charge de 20kg/m ² est très probablement disponible	Bâtiment B172	Une charge de 20kg/m ² est disponible
Bâtiment B5	Il nous est impossible de justifier une réserve de surcharge exploitable	Bâtiment B10	Il nous est impossible de justifier une réserve de surcharge exploitable sur les sheds Mais une charge de 20kg/m ² est probablement disponible sur la partie en toiture-terrasse
Bâtiment B6	Il nous est impossible de justifier une réserve de surcharge exploitable mais une charge de 20kg/m ² est probablement disponible	Bâtiment B8o	Il nous est impossible de justifier une réserve de surcharge exploitable mais une charge de 20kg/m ² est très probablement disponible
Bâtiment B79	Il nous est impossible de justifier une réserve de surcharge exploitable mais une charge de 20kg/m ² est probablement disponible	Bâtiment B21	Il nous est impossible de justifier une réserve de surcharge exploitable mais une charge de 20kg/m ² est très probablement disponible
Bâtiment B12	Il nous est impossible de justifier une réserve de surcharge exploitable	Bâtiment B89	Il nous est impossible de justifier une réserve de surcharge exploitable mais une charge de 20kg/m ² est très probablement disponible
Bâtiment B122	Il nous est impossible de justifier une réserve de surcharge exploitable		

Installations pré-sélectionnées sur critère structurel

Nom	Type de site	Puissance installée	Surface générateur PV	Energie produite (année 1)	Productible spécifique (P50)
1-2-3-4-6-79 (hors 5)	Bâtiment - toit terrasse	65,42 kWc	303 m ²	60 814 kWh	930 kWh/kWc
80 GRDF	Bâtiment - toit terrasse	32,04 kWc	148 m ²	30 151 kWh	941 kWh/kWc
Tennis (sol)	Sol	48,06 kWc	222 m ²	45 613 kWh	949 kWh/kWc
194	Bâtiment - toit terrasse	52,07 kWc	241 m ²	51 011 kWh	980 kWh/kWc
195	Bâtiment - toit terrasse	82,33 kWc	381 m ²	75 885 kWh	922 kWh/kWc
Parking	Ombrière	210,93 kWc	975 m ²	187 998 kWh	891 kWh/kWc
Entrée (sol)	Sol	96,12 kWc	445 m ²	97 592 kWh	1 015 kWh/kWc
172 (seul)	Bâtiment - toit terrasse	11,57 kWc	51 m ²	11 075 kWh	957 kWh/kWc
10 (terrasse)	Bâtiment - toit terrasse	27,59 kWc	122 m ²	23 496 kWh	852 kWh/kWc

Les installations B21 et B89 sont écartées également (même si avis structurel favorable) car petites installations (coût €/Wc élevé).

 En orange, modélisations corrigées à la suite du diagnostic structure.

Analyse de rentabilité par installation pré-sélectionnée

Nom	Type de site	Puissance installée	Productible spécifique (P50)	CAPEX (€ HT) - inclus étude et MOE	CAPEX (€ HT / Wc)	OPEX - année 1 (€/HT/an)	Niveau de rentabilité (élec. valorisée 13,5€/kWh et augment. +3%/an)
1-2-3-4-6-79 (hors 5)	Bâtiment - toit terrasse	65,42 kWc	930 kWh/kWc	95 300 €	1,46 € HT / Wc	1 500 €	TRA : 16 ans TRI 30 : 7,3% ✓
80 GRDF	Bâtiment - toit terrasse	32,04 kWc	941 kWh/kWc	54 600 €	1,70 € HT / Wc	900 €	TRA : 19 ans TRI 30 : 5,8% ✓
Tennis (sol)	Sol	48,06 kWc	949 kWh/kWc	77 700 €	1,62 € HT / Wc	1 000 €	TRA : 17 ans TRI 30 : 6,8% ✓
194	Bâtiment - toit terrasse	52,07 kWc	980 kWh/kWc	72 900 €	1,40 € HT / Wc	1 200 €	TRA : 15 ans TRI 30 : 8,2% ✓
195	Bâtiment - toit terrasse	82,33 kWc	922 kWh/kWc	105 200 €	1,28 € HT / Wc	1 800 €	TRA : 14 ans TRI 30 : 8,4% ✓
Parking	Ombrière	210,93 kWc	891 kWh/kWc	391 500 €	1,86 € HT / Wc	3 300 €	TRA : 21 ans TRI 30 : 5,2% ✓
Entrée (sol)	Sol	96,12 kWc	1 015 kWh/kWc	129 500 €	1,35 € HT / Wc	2 100 €	TRA : 14 ans TRI 30 : 9,0% ✓
172 (seul)	Bâtiment - toit terrasse	11,57 kWc	957 kWh/kWc	30 000 €	2,59 € HT / Wc	400 €	TRA : 29 ans TRI 30 : 2,7% ✗
10 (terrasse)	Bâtiment - toit terrasse	27,59 kWc	852 kWh/kWc	50 200 €	1,82 € HT / Wc	900 €	TRA : 24 ans TRI 30 : 4,1% ✗

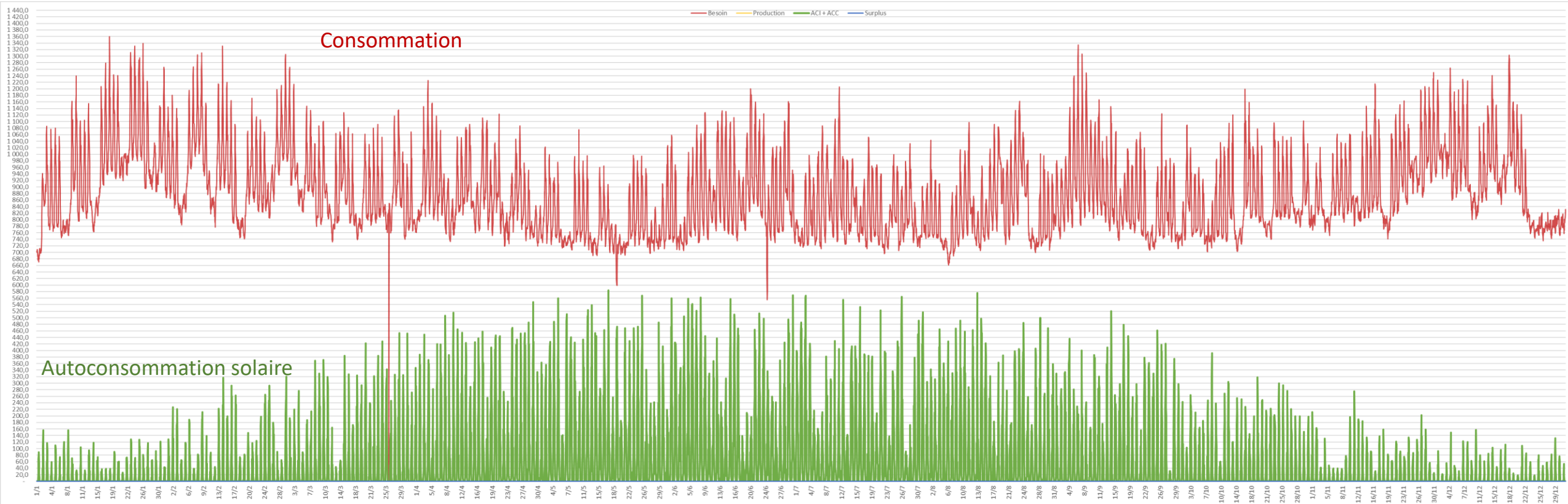
✓ Inst. conservée dans le Sc. alternatif

✗ Inst. écartée du Sc. alternatif

TRA : temps de retour actualisé

TRI 30 : taux de rentabilité interne, calculé sur 30 ans

Flux énergétique du Sc Alternatif



Puissance déployée : **587 kWc**

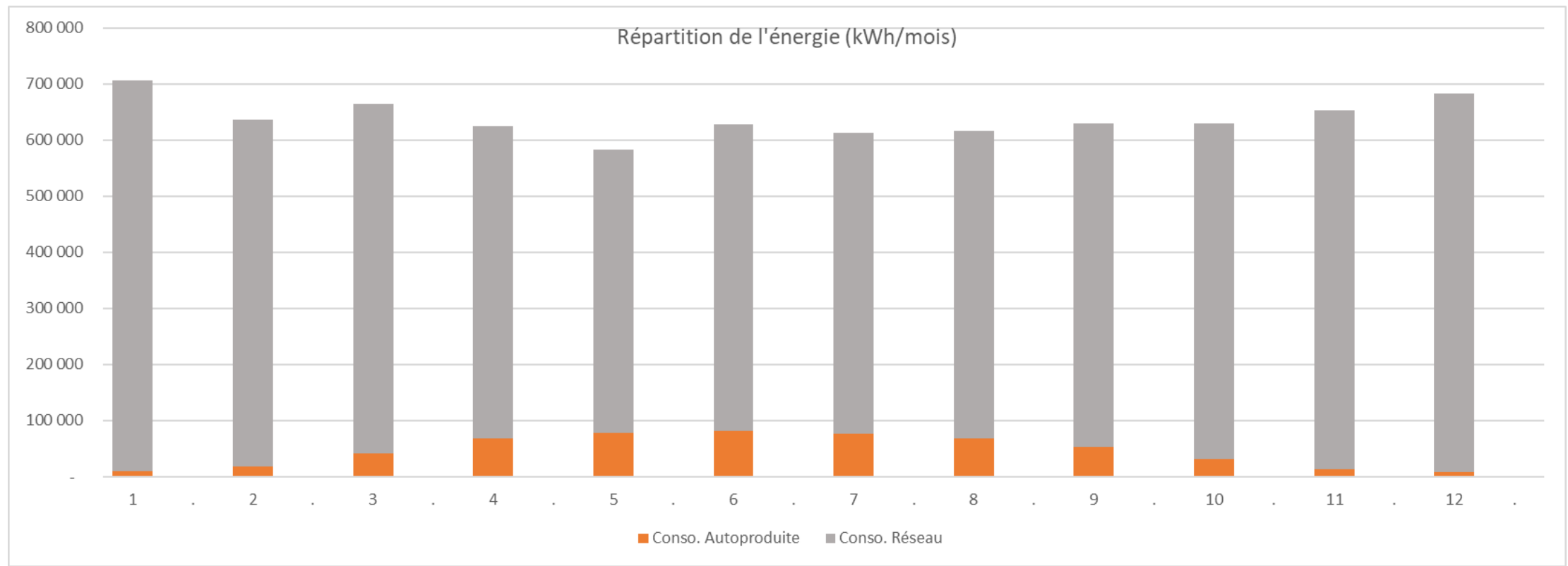
Energie produite et intégralement autoconsommée :
549 105 kWh/an

Taux d'autoconso. (autoconso / prod) **100%**

Taux d'autoproduction (autoconso / conso) **7,2%**

Analyse de l'autoconsommation

Vision mensuelle (scénario alternatif) :



Résultats économiques

Investissement : **926 700 € HT**

Coûts opérationnels : **11 800 € HT/an**

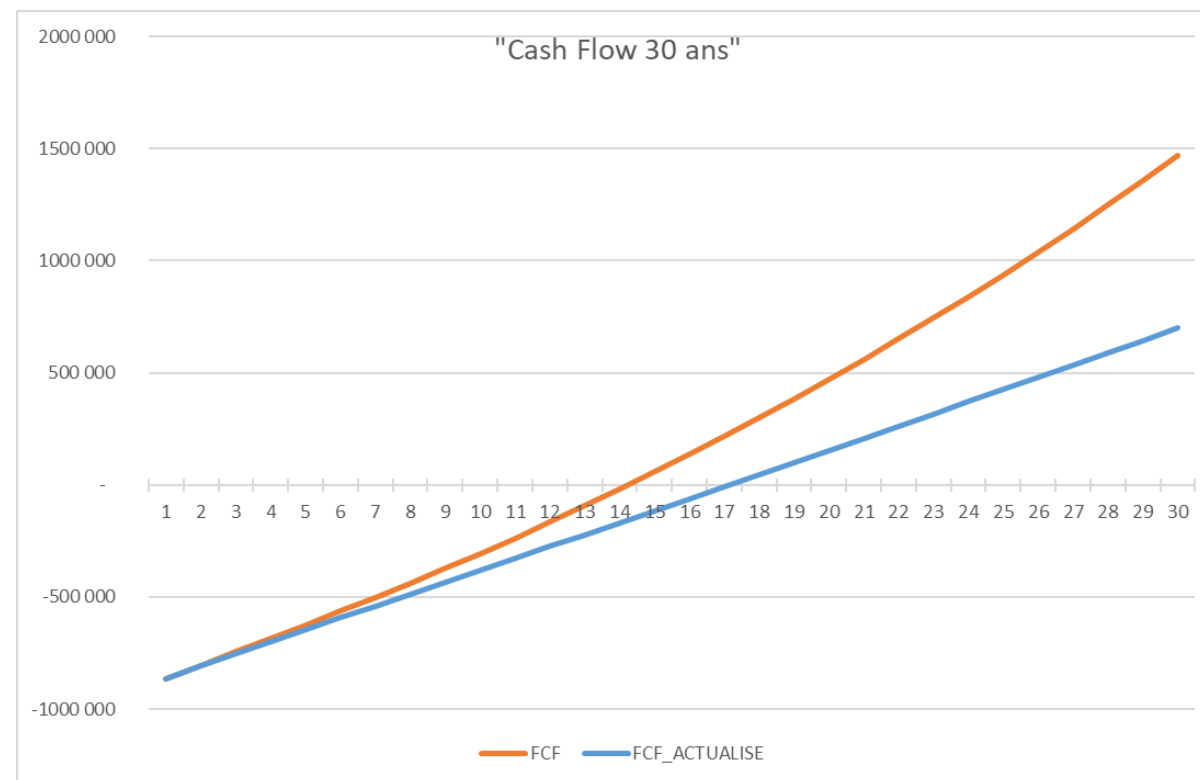
Projet rentable en **18 ans** (TRA) dans les hypothèses définies (pour une durée de vie estimée de l'installation > 30 ans).

Le Temps de Retour Brut est de 15 ans.

VAN 30	682 730 €	
TRI 30	6,6%	
LCOE 30	11,461	c€/kWh
TRA	18	ans

Rentabilité dépend principalement de l'évolution du coût de l'électricité :

- Si +3%/an sur 30 ans -> TRA passe à 15 ans.
- Si +3%/an de an 1 à 5 puis +5%/an -> TRA passe à 14 ans.



Budget indicatif pour travaux annexes

Nom	Type de site	Surface des zones équipées (m ²) (1)	Réfection de l'étanchéité des zones équipées (HT)	Autres postes (HT)	Total (HT)
1-2-3-4-6-79	Bâtiment - toit terrasse	1900	304 000 €		304 000 €
80 GRDF	Bâtiment - toit terrasse	470	75 000 €		75 000 €
Tennis (sol)	Sol				
194	Bâtiment - toit terrasse	1200	192 000 €		192 000 €
195	Bâtiment - toit terrasse	1400	224 000 €	(3) 15 000 €	239 000 €
Parking	Ombrière			(4) 6 000 €	6 000 €
Entrée (sol)	Sol			(5) 3 000 €	3 000 €

(1) Sous certaines conditions (cf. p20), l'installation PV pourra être mise en œuvre directement sur le complexe existant sans nécessité de réfection préalable.

(3) Dépose de la végétalisation existante.

(4) Dépose des candélabres et arbres.

(5) Dépose des drapeaux, des candélabres et arbres.

TOTAL :
819 000 € HT

Impact carbone du scénario

Puissance crête	587,0 kWc
Production moyenne MWh/an sur 30 ans	511,1 MWh/an
Facteur d'émission CO2 d'un module photovoltaïque VOLTEC (*)	600 kg Eq. CO2/kWc
Coût de production du kWh PV (g Eq. CO2/kWh)	23 g Eq. CO2/kWh
Coût de production du kWh Mix français (g Eq. CO2/kWh) (**)	45 g Eq. CO2/kWh
Economie de production d'un kWh PV (g Eq. CO2/kWh)	22 g Eq. CO2/kWh
CO2 moyen annuel évité par l'installation (tonnes/an)	11,3 to CO2/an
CO2 évité par l'installation sur 30 ans (tonnes)	337,8 to CO2

(*) Pour un module équivalent fabriqué entièrement en Asie la valeur peut atteindre 1600 kg Eq. CO₂/kWc

(**) D'après RTE, historique 2010-2023 : <https://analysesetdonnees.rte-france.com/bilan-electrique-2023/emissions#Analysehistorique>

D'après une étude RTE (<https://assets.rte-france.com/prod/public/2020-06/note%20bilans%20co2.pdf>), la production d'énergies renouvelables (prioritaires sur le réseau) se substitue principalement à de l'énergie issue de productions thermiques fossiles en Europe (gaz, charbon, fioul).

Ainsi, d'après HESPUL : "en moyenne, 1 kWh éolien ou photovoltaïque évite ainsi l'émission de 480 gCO₂/kWh_e."

<https://www.photovoltaique.info/fr/info-ou-intox/les-enjeux-environnementaux/temps-de-retour-carbone/emissions-evitees-et-temps-de-retour/>

Conclusion

Comparaison des 2 scénarios

	Scénario de base	Scénario alternatif
Objectif recherché	Déploiement de la puissance maximale du site NON PRISE EN COMPTE DES CONTRAINTES STRUCTURELLES	Prise en compte des contraintes structurelles et recherche d'un temps de retour optimisé
Aspects énergétiques	Déploiement de 13 installations, d'une puissance cumulée de 930 kWc, et produisant 888 MWh/an. Taux de couverture des besoins du site : 12%	Déploiement de 7 installations, d'une puissance cumulée de 587 kWc, et produisant 549 MWh/an (soit 62% du sc de base). Taux de couverture des besoins du site : 7%
Aspects économiques	Investissement : 1 470 k€ HT Charges opérationnelles : 18,3 k€ HT / an Temps de retour actualisé : 17 ans LCOE : 11,177 c€/kWh (calcul sur 30 ans)	Investissement : 927 k€ HT Charges opérationnelles : 11,8 k€ HT / an Temps de retour actualisé : 18 ans LCOE : 11,461 c€/kWh (calcul sur 30 ans)

Conclusion

- Projet global rentable avec des hypothèses conservatrices en ce qui concerne l'augmentation de l'électricité
- Projet global pouvant être scindé en plusieurs installations à déployer au fil de l'eau
- Pour chacune des installations : projet déployable rapidement (12 à 24 mois), car soumis à simple Déclaration Préalable (avis de l'ABF requis néanmoins).
- Pour les installations au sol, au vu de la puissance, pas d'enjeux environnementaux ($P < 300$ kWc) -> pas d'examen au cas par cas, sauf si l'autorité environnementale le demande (clause filet).
- Nécessité de réaliser un « Porter à connaissance de modification d'une ICPE »
- Choix du financement / montage du projet à faire par l'INERIS

Annexe

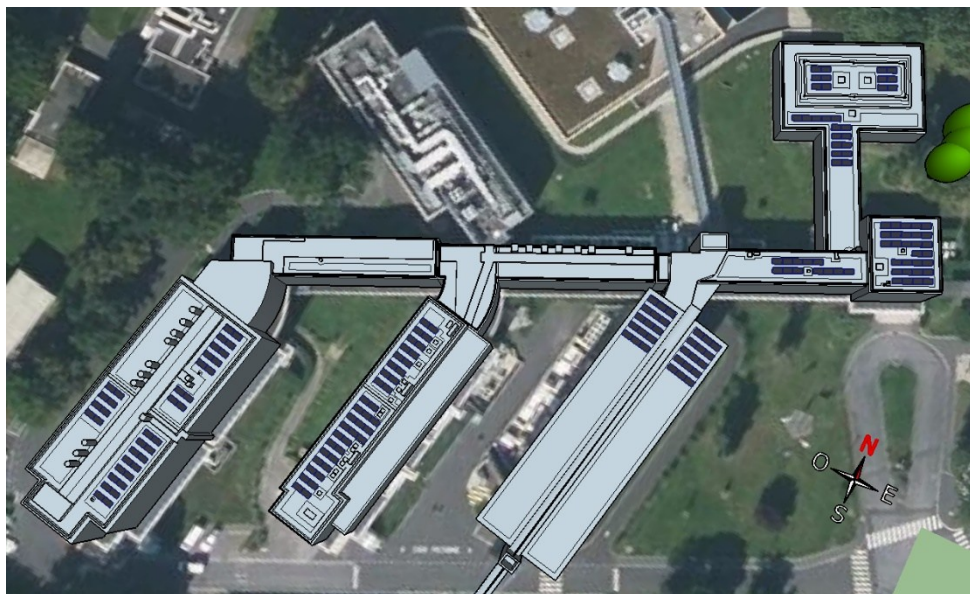
Simulation par implantation PV

B1 à B6 et B79 - bâtiments



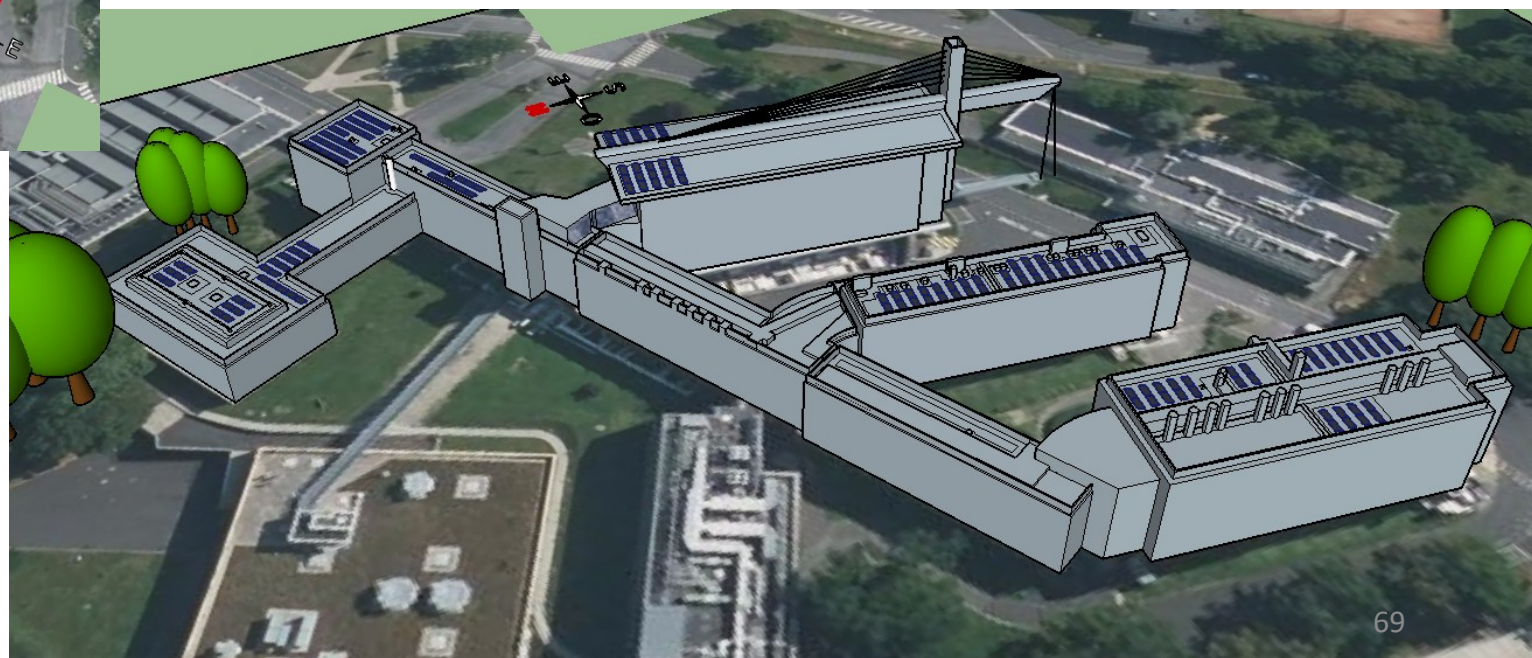
Toiture terrasse avec étanchéité bitumineuse apparente et structure béton. Le bâtiment B5 dispose d'une sur-structure de type grue supportant le dernier étage (à confirmer par BE structure).
Les toitures disposent d'un encombrement important par divers équipements techniques. La sécurisation est assurée par des garde-corps.

B1 à B6 et B79 - installation



Système en surimposition, lesté ou thermosoudé à l'étanchéité.

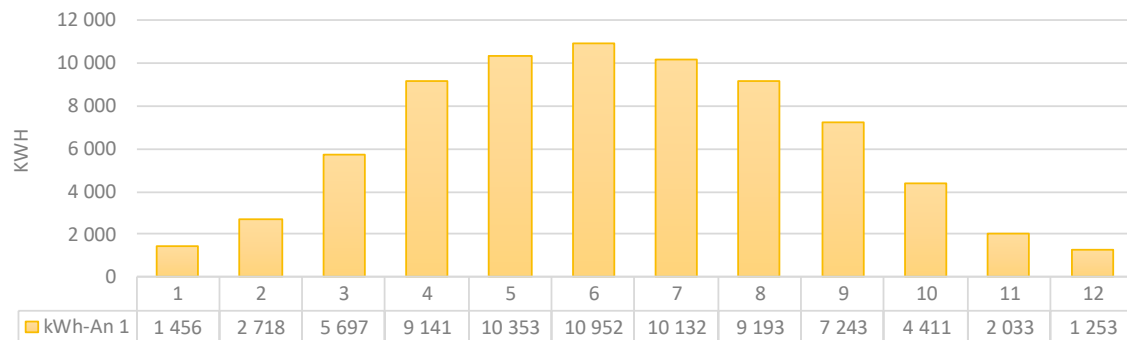
Surface du générateur PV	364 m ²
Inclinaison	10°
Orientation	11°
Puissance crête retenue kWc	78,77 kWc
Puissance unitaire Wc module PV	445 Wc
Nombre de modules PV	177
Type Module PV	mono-Si
Dimensions module PV	1,868m*1,07m
Puissance totale max onduleurs kVA	74 kVA
Nombre d'onduleurs	4
Types d'onduleurs	Onduleurs triphasés multi MPPT



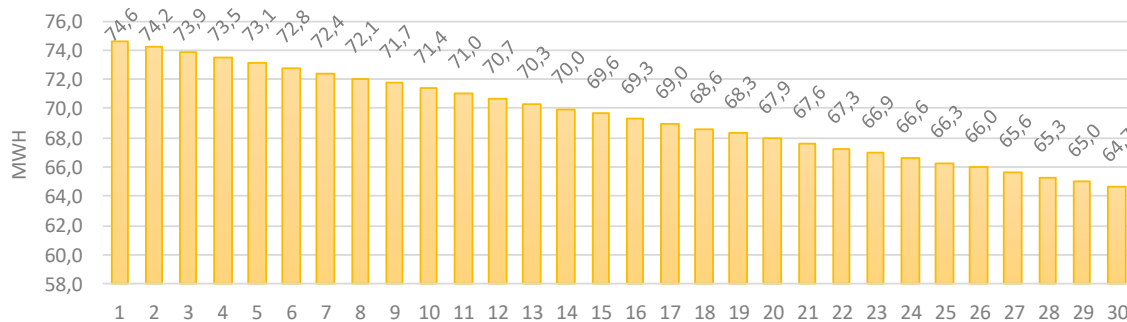
B1 à B6 et B79 - production

Production d'énergie

Gisement global horizontal du site sans masque	1 152 kWh/m ² /an
Gisement global horizontal du site avec masques	1 147 kWh/m ² /an
Production AC année 1	74 581 kWh
Productible spécifique année 1 (P50)	947 kWh/kWc
Productible spécifique année 1 (P90)	869 kWh/kWc
Pertes par écrêtage onduleur année 1	0,27%
Performance Ratio	75,8%



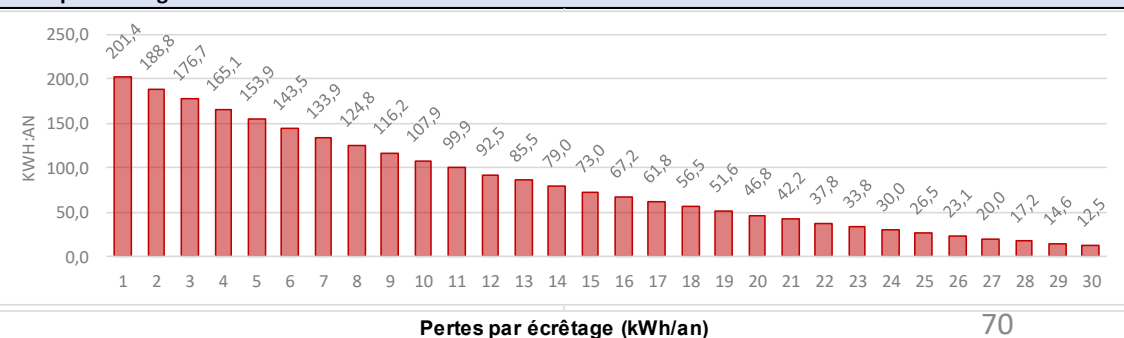
Production mensuelle AC année 1 en kWh/mois



Production AC année par année en MWh/an

Pertes moyennes sur la durée de l'installation (30 ans)

Pertes Irradiation	
Masque lointain	0,15%
Masque proche	7,14%
Différences d'ombrages entre modules	1,94%
Modules bifaciaux	
Gain bifacial	0,00%
Pertes Modules	
IAM (réflexion)	3,88%
LID	2,00%
Encrassement module	2,00%
Température	0,93%
Tolérance de puissance des modules	-0,75%
Dispersion des caractéristiques	1,00%
Vieillessement module	7,39%
Pertes Système	
Câbles DC	0,40%
Onduleur	2,64%
Ecrêtage	0,12%
Facteur de puissance	0,08%
Câbles AC	0,36%
Indisponibilité de la centrale	2,00%
Pertes par écrêtage des onduleurs	



Pertes par écrêtage (kWh/an)

70

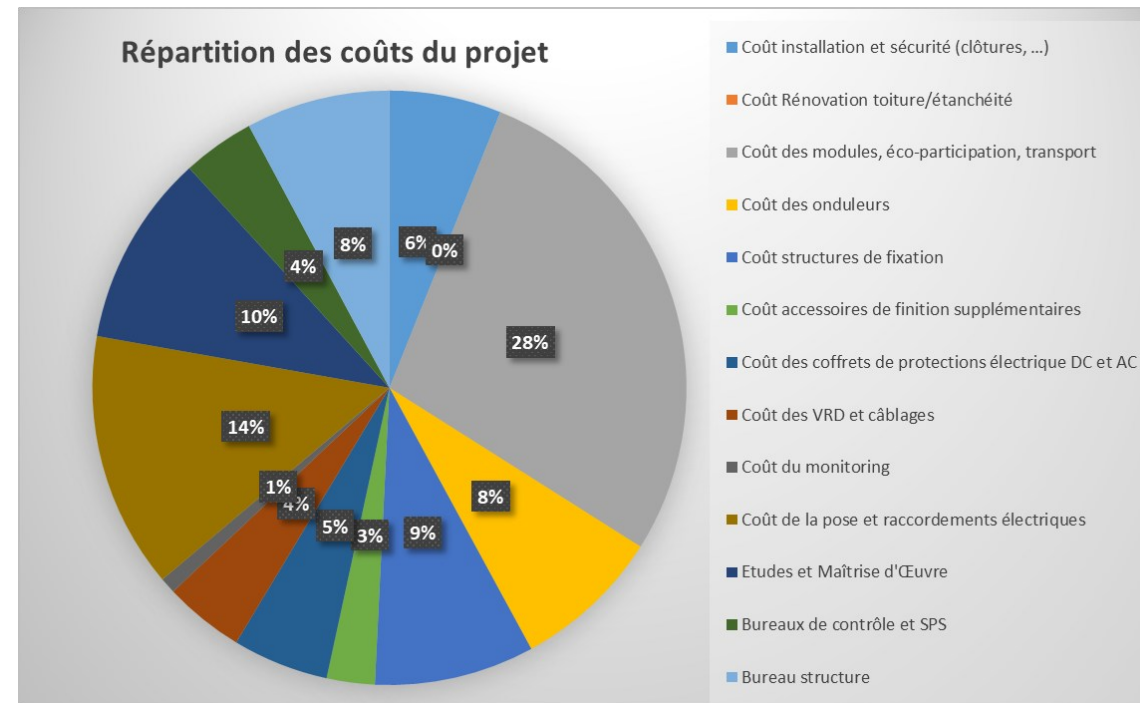
B1 à B6 et B79 - coût

Décomposition des coûts du projet en € HT (CAPEX)	
Coût installation et sécurité (clôtures, ...)	7 000 €
Coût Rénovation toiture/étanchéité	NON COMPRIS
Coût des modules, éco-participation, transport	32 000 €
Coût des onduleurs	9 300 €
Coût structures de fixation	10 000 €
Coût accessoires de finition supplémentaires	3 000 €
Coût des coffrets de protections électrique DC et AC	6 000 €
Coût des VRD et câblages	5 000 €
Coût du monitoring	1 000 €
Coût de la pose et raccordements électriques	16 000 €
Fourniture et pose de la centrale PV	89 300 €
Etudes et Maîtrise d'Œuvre	12 000 €
Bureaux de contrôle et SPS	4 500 €
Bureau structure	9 000 €
Investissement TOTAL	114 800 €
<i>Coût total au Wc</i>	<i>1,46 €/Wc</i>

CHARGES	
Charge d'exploitation année 1	1 800 €/an

Les charges d'exploitation comprennent :

- Entretien et maintenance
- Assurance



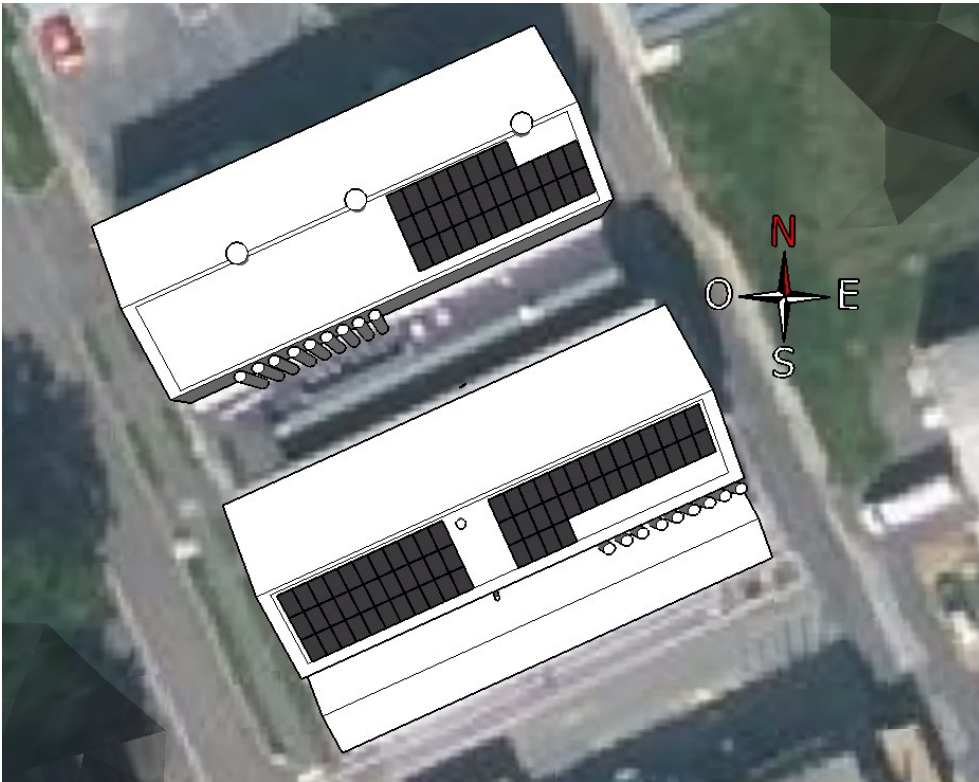
B12 - bâtiment



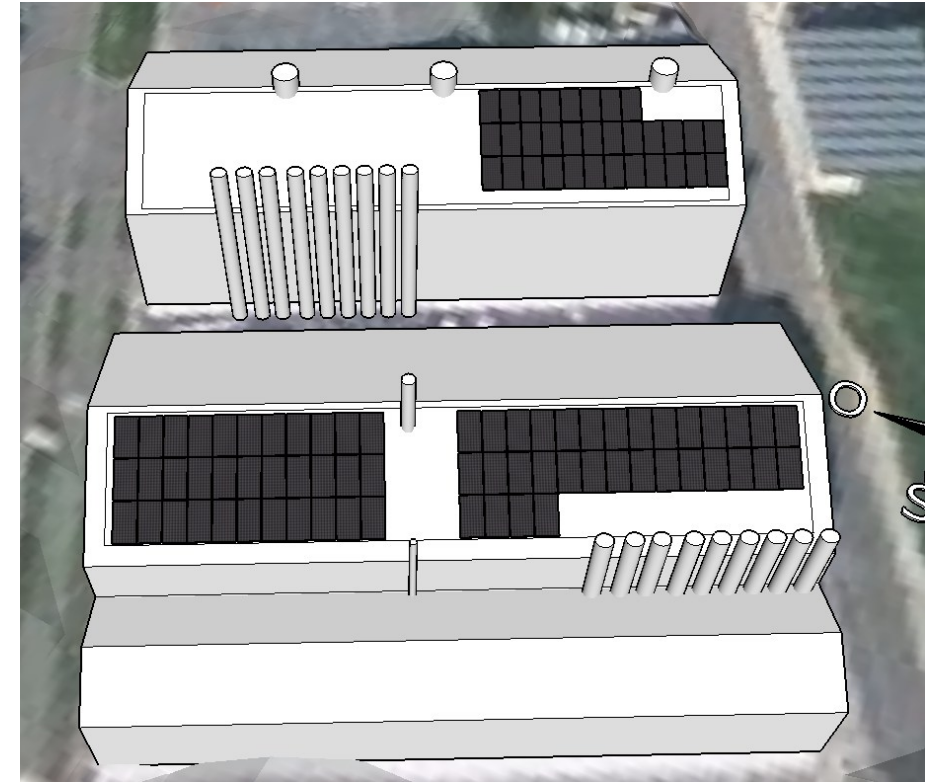
Bâtiment avec charpente métallique et couverture bac acier avec 2 pans Sud. Des cheminées génèrent des masques importants sur ces pans.



B12 - installation



Système en surimposition sur bac acier.

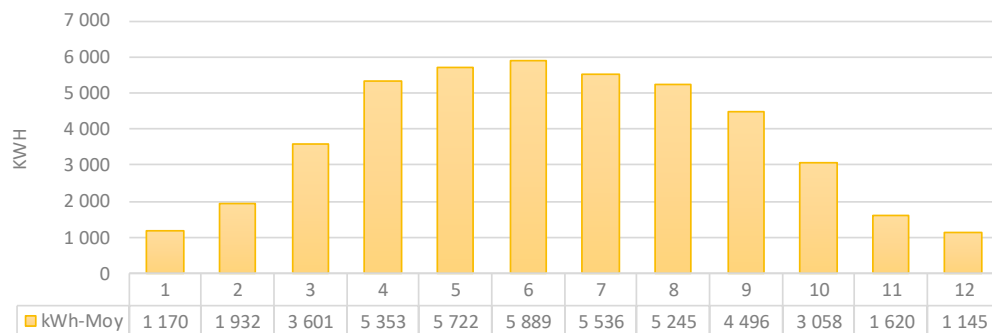


Surface du générateur PV	200 m ²
Inclinaison	24,4°
Orientation	-25°
Puissance crête retenue kWc	43,17 kWc
Puissance unitaire Wc module PV	445 Wc
Nombre de modules PV	97
Type Module PV	mono-Si
Dimensions module PV	1,868m*1,07m
Puissance totale max onduleurs kVA	46 kVA
Nombre d'onduleurs	2
Types d'onduleurs	Onduleurs triphasés multi MPPT

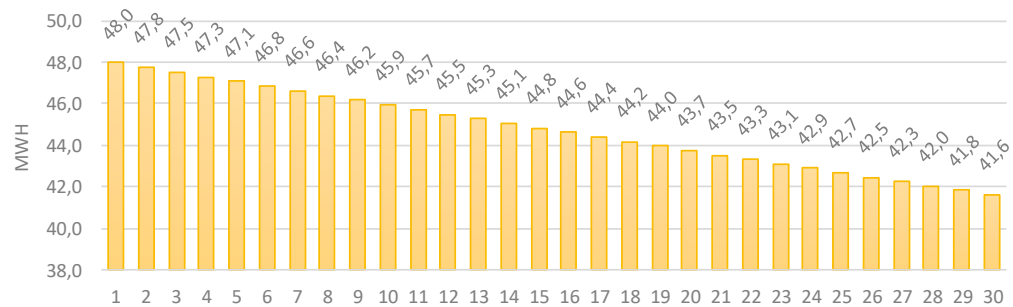
B12 - production

Production d'énergie

Gisement global horizontal du site sans masque	1 152 kWh/m ² /an
Gisement global horizontal du site avec masques	1 146 kWh/m ² /an
Production AC année 1	47 985 kWh
Productible spécifique année 1 (P50)	1 112 kWh/kWc
Productible spécifique année 1 (P90)	1 020 kWh/kWc
Pertes par écrêtage onduleur année 1	0,36%
Perte par bridage de la puissance d'injection	0,0%
Performance Ratio	83,1%



Production mensuelle AC (moyenne sur la durée d'observation) en kWh/mois



Production AC année par année en MWh/an

Pertes moyennes sur la durée de l'installation (30 ans)

Pertes Irradiation

Masque lointain	0,18%
Masque proche	1,71%
Différences d'ombrages entre modules	0,29%

Modules bifaciaux

Gain bifacial	0,00%
---------------	-------

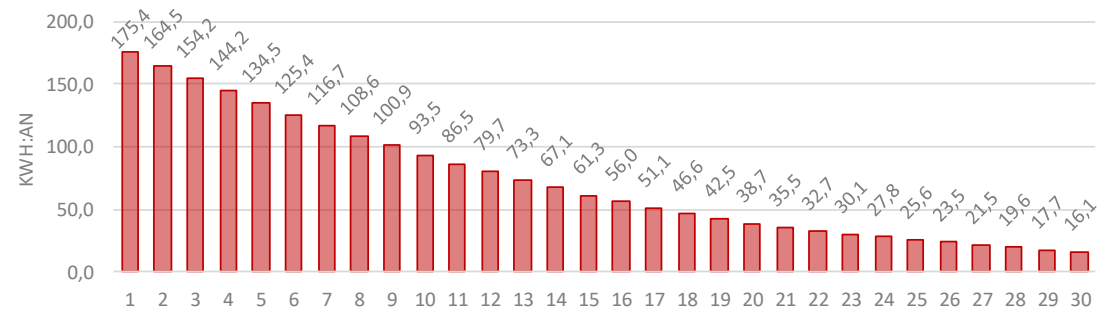
Pertes Modules

IAM (réflexion)	3,13%
LID	2,00%
Encrassement module	1,00%
Température	0,59%
Tolérance de puissance des modules	-0,75%
Dispersion des caractéristiques	1,00%
Vieillessement module	7,39%

Pertes Système

Câbles DC	0,42%
Onduleur	3,30%
Ecrêtage	0,16%
Facteur de puissance	0,05%
Câbles AC	0,36%
Indisponibilité de la centrale	2,00%

Pertes par écrêtage des onduleurs



Pertes par écrêtage (kWh/an)

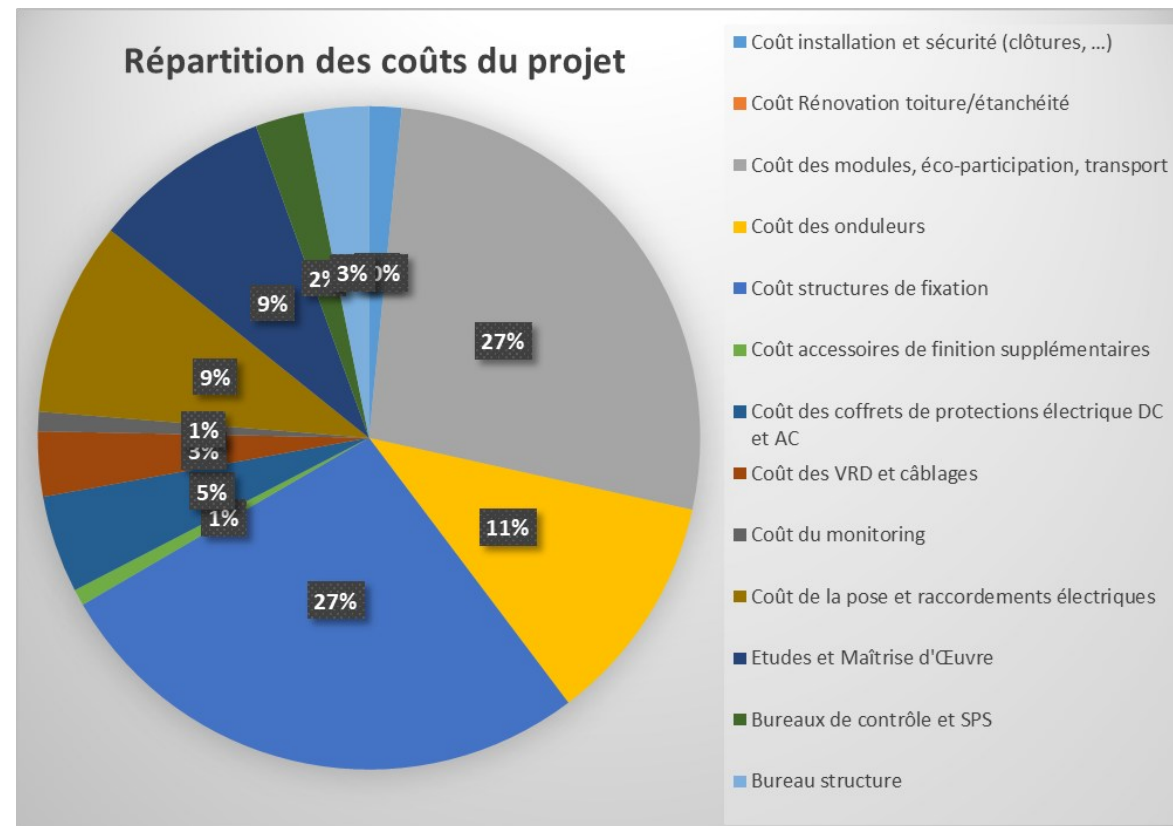
B12 - coût

Décomposition des coûts du projet en € HT (CAPEX)	
Coût installation et sécurité (clôtures, ...)	1 000 €
Coût Rénovation toiture/étanchéité	NON COMPRIS
Coût des modules, éco-participation, transport	17 000 €
Coût des onduleurs	7 100 €
Coût structures de fixation	17 000 €
Coût accessoires de finition supplémentaires	500 €
Coût des coffrets de protections électrique DC et AC	3 000 €
Coût des VRD et câblages	2 000 €
Coût du monitoring	600 €
Coût de la pose et raccordements électriques	6 000 €
Fourniture et pose de la centrale PV	54 200 €
Etudes et Maîtrise d'Œuvre	5 500 €
Bureaux de contrôle et SPS	1 500 €
Bureau structure	2 000 €
Investissement TOTAL	63 200 €
<i>Coût total au Wc</i>	<i>1,46 €/Wc</i>

CHARGES	
Charge d'exploitation année 1	900 €/an

Les charges d'exploitation comprennent :

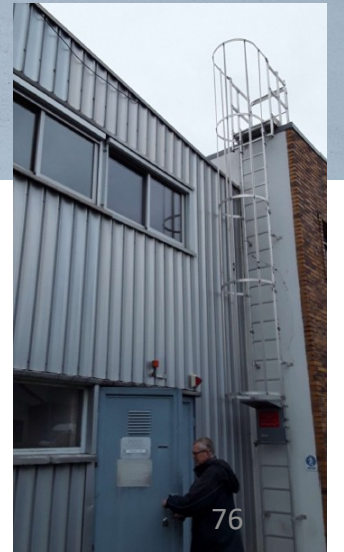
- Entretien et maintenance
- Assurance



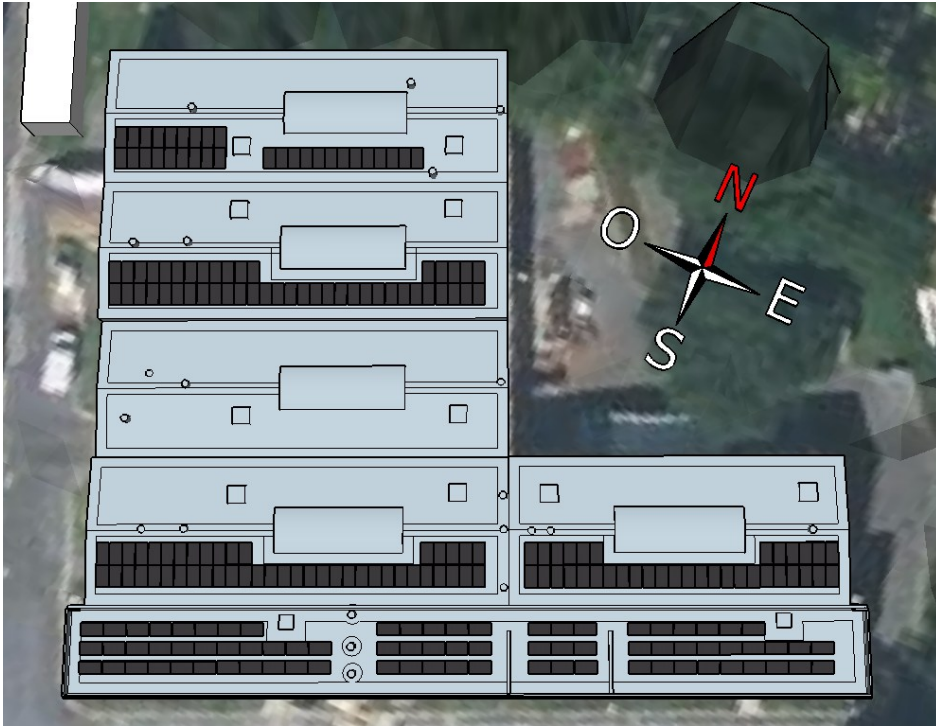
B122 - bâtiment



Bâtiment multi-pan en bac acier et toiture terrasse au Sud. Accès par échelle à crinoline.
Encombrement moyen : puits de lumière, cheminée, extracteur...
Sécurisation de la toiture terrasse par ligne de vie.



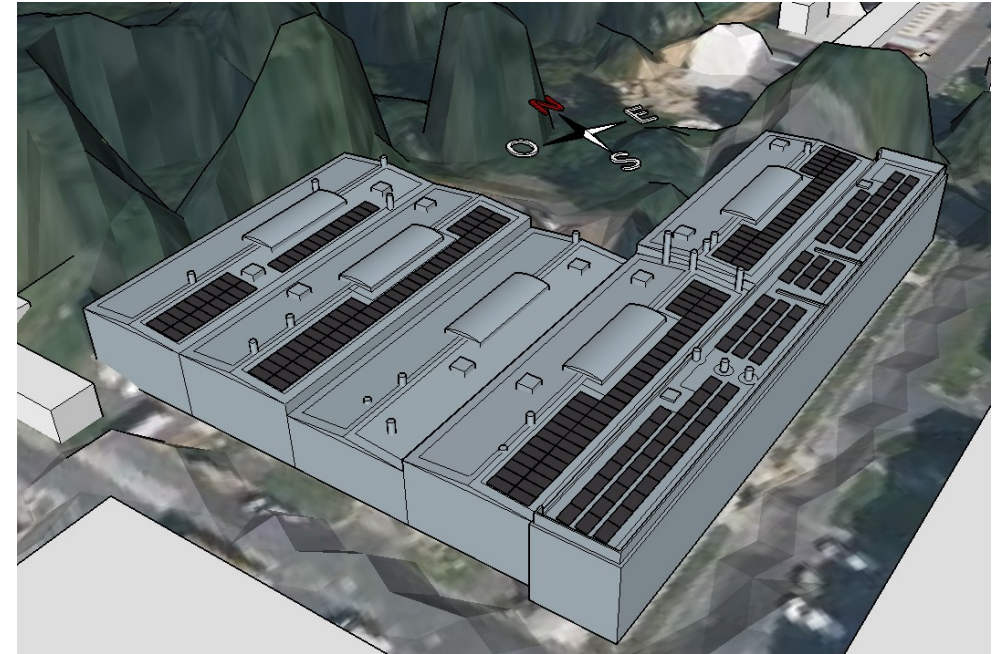
B122 - installation



Système en surimposition:

- Lesté ou thermosoudé à l'étanchéité sur la terrasse
- Sur bac acier sur la partie toiture inclinée.

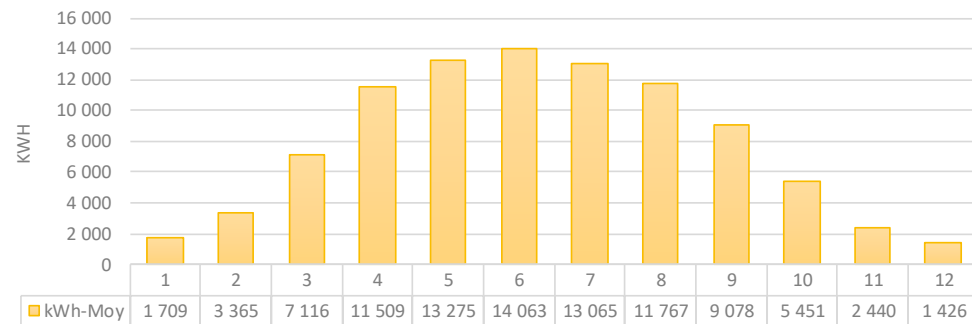
Substitution de la ligne de vie par des garde-corps.



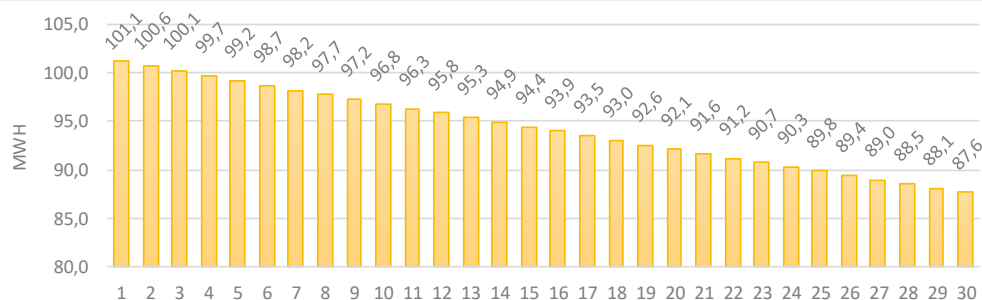
Surface du générateur PV	492 m ²
Inclinaison	10°
Orientation	-25°
Puissance crête retenue kWc	106,36 kWc
Puissance unitaire Wc module PV	445 Wc
Nombre de modules PV	239
Type Module PV	mono-Si
Dimensions module PV	1,868m*1,07m
Puissance totale max onduleurs kVA	99 kVA
Nombre d'onduleurs	3
Types d'onduleurs	Onduleurs triphasés multi MPPT

B122 - production

Production d'énergie	
Gisement global horizontal du site sans masque	1 152 kWh/m²/an
Gisement global horizontal du site avec masques	1 147 kWh/m²/an
Production AC année 1	101 124 kWh
Productible spécifique année 1 (P50)	951 kWh/kWc
Productible spécifique année 1 (P90)	872 kWh/kWc
Pertes par écrêtage onduleur année 1	0,23%
Perte par bridage de la puissance d'injection	0,0%
Performance Ratio	78,0%

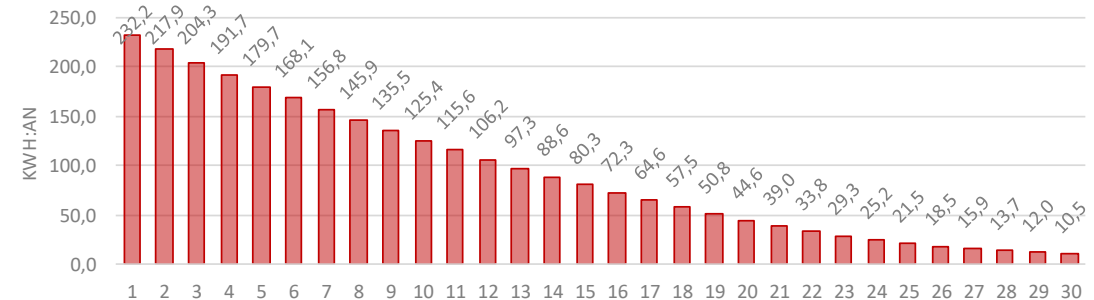


Production mensuelle AC (moyenne sur la durée d'observation) en kWh/mois



Production AC année par année en MWh/an

Pertes moyennes sur la durée de l'installation (30 ans)	
Pertes Irradiation	
Masque lointain	0,14%
Masque proche	4,75%
Différences d'ombrages entre modules	0,46%
Modules bifaciaux	
Gain bifacial	0,00%
Pertes Modules	
IAM (réflexion)	4,14%
LID	2,00%
Encrassement module	2,00%
Température	0,83%
Tolérance de puissance des modules	-0,75%
Dispersion des caractéristiques	1,00%
Vieillessement module	7,39%
Pertes Système	
Câbles DC	0,38%
Onduleur	3,76%
Ecrêtage	0,10%
Facteur de puissance	0,06%
Câbles AC	0,35%
Indisponibilité de la centrale	2,00%
Pertes par écrêtage des onduleurs	



Pertes par écrêtage (kWh/an)

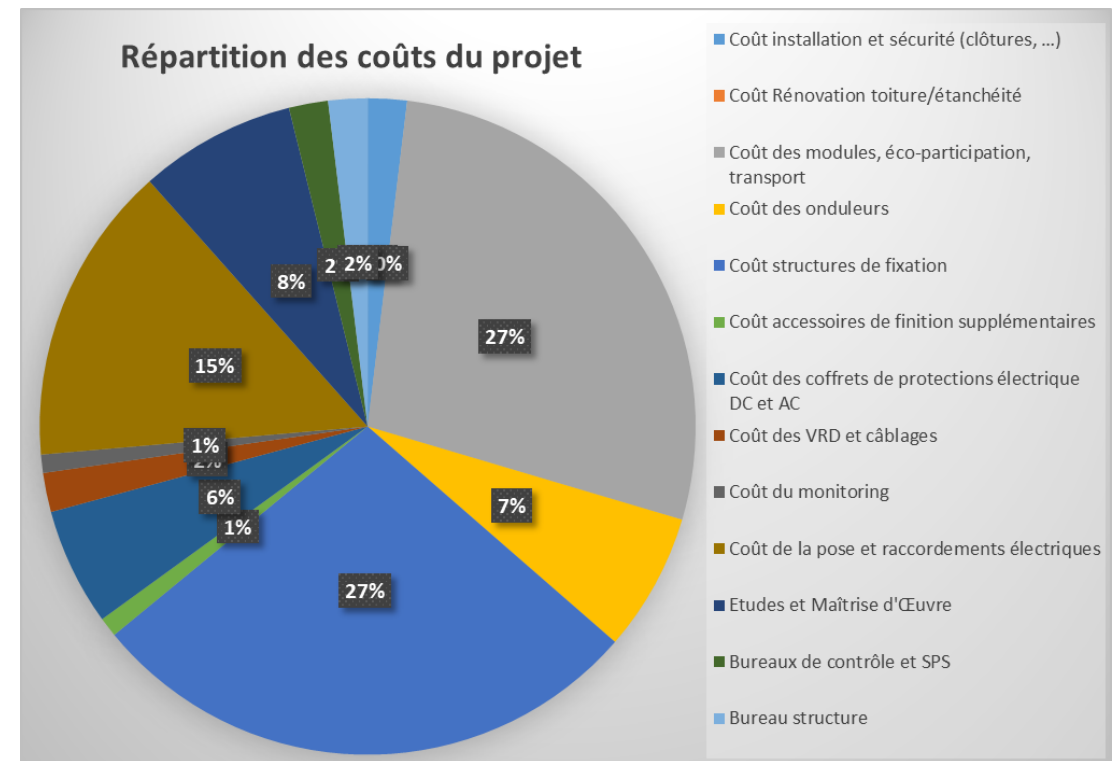
B122 - coût

Décomposition des coûts du projet en € HT (CAPEX)	
Coût installation et sécurité (clôtures, ...)	3 000 €
Coût Rénovation toiture/étanchéité	NON COMPRIS
Coût des modules, éco-participation, transport	43 000 €
Coût des onduleurs	10 600 €
Coût structures de fixation	43 000 €
Coût accessoires de finition supplémentaires	1 500 €
Coût des coffrets de protections électrique DC et AC	9 000 €
Coût des VRD et câblages	3 000 €
Coût du monitoring	1 400 €
Coût de la pose et raccordements électriques	23 000 €
Fourniture et pose de la centrale PV	137 500 €
Etudes et Maîtrise d'Œuvre	12 000 €
Bureaux de contrôle et SPS	3 000 €
Bureau structure	3 000 €
Investissement TOTAL	155 500 €
<i>Coût total au Wc</i>	<i>1,46 €/Wc</i>

CHARGES	
Charge d'exploitation année 1	1 800 €/an

Les charges d'exploitation comprennent :

- Entretien et maintenance
- Assurance



B194 - bâtiment

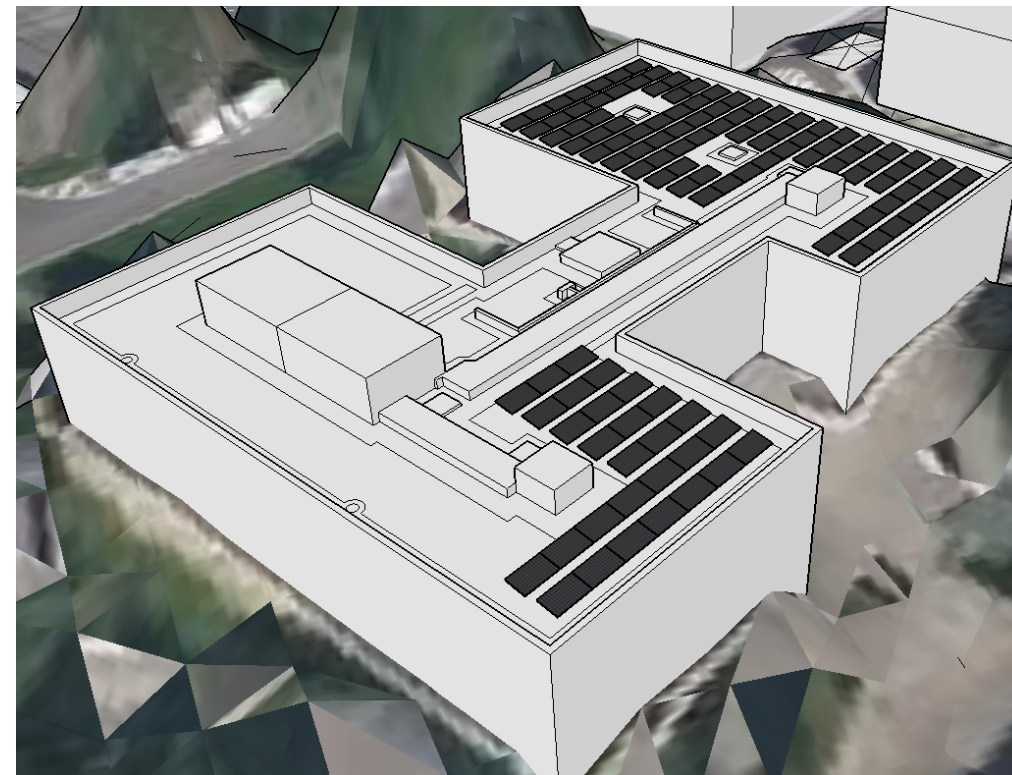


Toit terrasse avec étanchéité bitumineuse et protection par gravillons. Fort taux d'encombrement en partie Ouest (équipement technique de ventilation), quelques skydomes et cheminées sur le reste de la toiture. Acrotère périphérique de 1,03 m de haut. Structure béton.

B194 - installation



Système en surimposition, lesté ou thermosoudé à l'étanchéité.

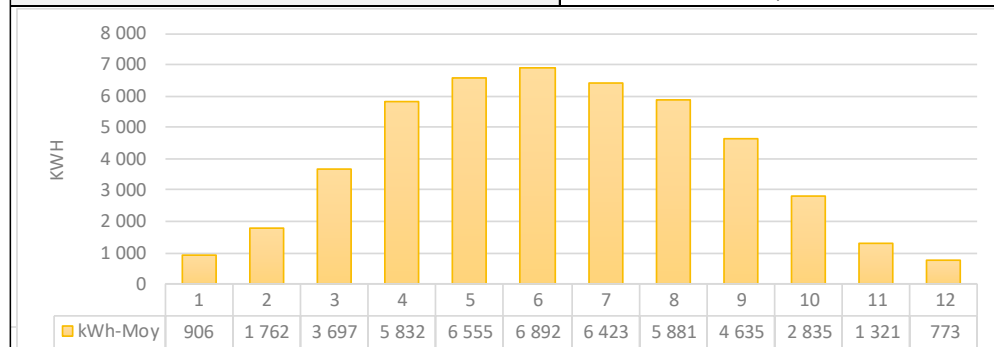


Surface du générateur PV	241 m ²
Inclinaison	10°
Orientation	-25°
Puissance crête retenue kWc	52,07 kWc
Puissance unitaire Wc module PV	445 Wc
Nombre de modules PV	117
Type Module PV	mono-Si
Dimensions module PV	1,868m*1,07m
Puissance totale max onduleurs kVA	53 kVA
Nombre d'onduleurs	2
Types d'onduleurs	Onduleurs triphasés multi MPPT

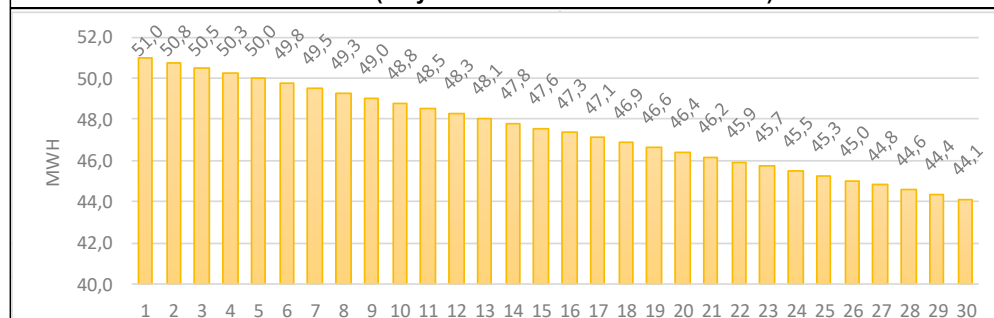
B194 - production

Production d'énergie : Avec Bridage

Gisement global horizontal du site sans masque	1 152 kWh/m²/an
Gisement global horizontal du site avec masques	1 146 kWh/m²/an
Production AC année 1	51 010 kWh
Productible spécifique année 1 (P50)	980 kWh/kWc
Productible spécifique année 1 (P90)	899 kWh/kWc
Pertes par écrêtage onduleur année 1	0,07%
Perte par bridage de la puissance d'injection	0,0%
Performance Ratio	78,8%



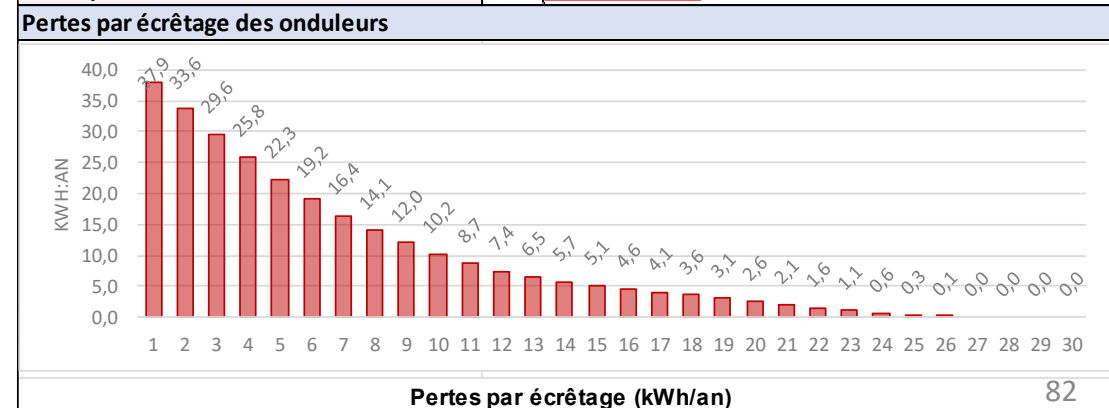
Production mensuelle AC (moyenne sur la durée d'observation) en kWh/mois



Production AC année par année en MWh/an

Pertes moyennes sur la durée de l'installation (30 ans)

Pertes Irradiation	
Masque lointain	0,25%
Masque proche	4,15%
Différences d'ombrages entre modules	1,04%
Modules bifaciaux	
Gain bifacial	0,00%
Pertes Modules	
IAM (réflexion)	3,89%
LID	2,00%
Encrassement module	2,00%
Température	0,84%
Tolérance de puissance des modules	-0,75%
Dispersion des caractéristiques	1,00%
Vieillesse module	7,39%
Pertes Système	
Câbles DC	0,39%
Onduleur	3,48%
Ecrêtage	0,02%
Facteur de puissance	0,05%
Câbles AC	0,33%
Indisponibilité de la centrale	2,00%



Pertes par écrêtage (kWh/an)

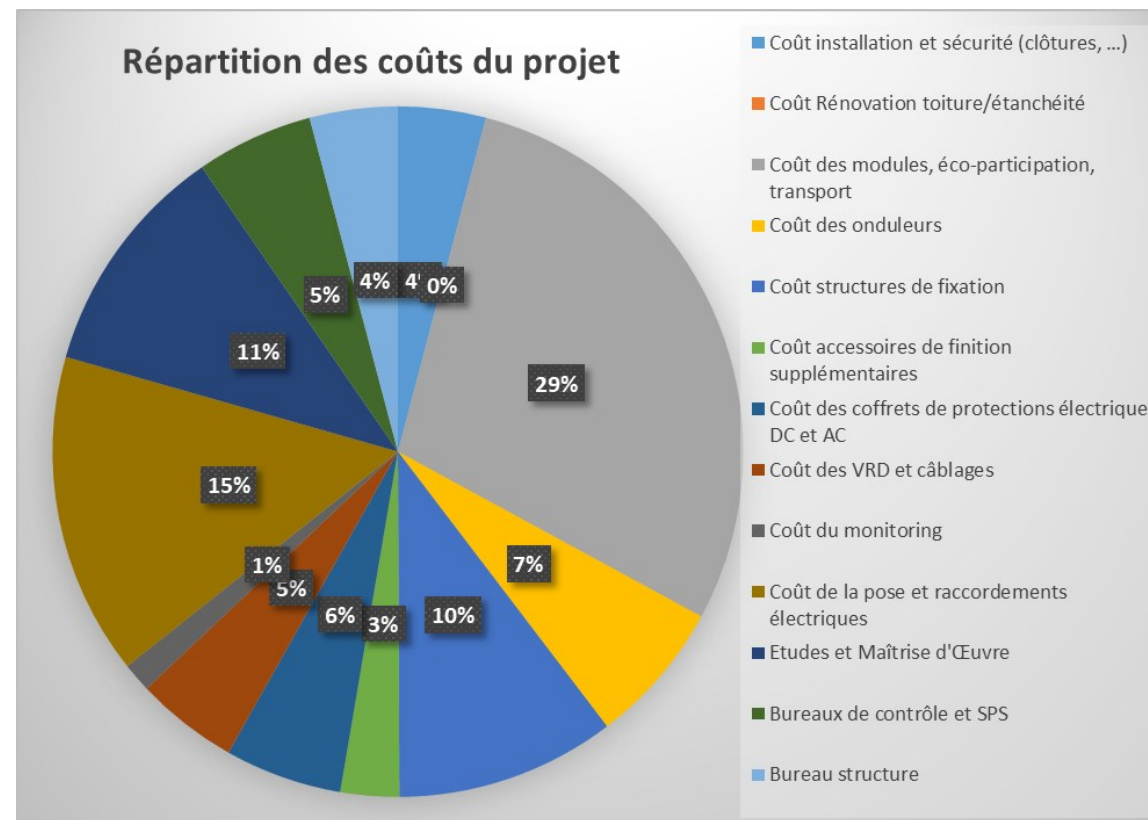
B194 - coût

Décomposition des coûts du projet en € HT (CAPEX)	
Coût installation et sécurité (clôtures, ...)	3 000 €
Coût Rénovation toiture/étanchéité	NON COMPRIS
Coût des modules, éco-participation, transport	21 000 €
Coût des onduleurs	4 900 €
Coût structures de fixation	7 500 €
Coût accessoires de finition supplémentaires	2 000 €
Coût des coffrets de protections électrique DC et AC	4 000 €
Coût des VRD et câblages	3 500 €
Coût du monitoring	1 000 €
Coût de la pose et raccordements électriques	11 000 €
Fourniture et pose de la centrale PV	57 900 €
Etudes et Maîtrise d'Œuvre	8 000 €
Bureaux de contrôle et SPS	4 000 €
Bureau structure	3 000 €
Investissement TOTAL	72 900 €
<i>Coût total au Wc</i>	<i>1,40 €/Wc</i>

CHARGES	
Charge d'exploitation année 1	1 200 €/an

Les charges d'exploitation comprennent :

- Entretien et maintenance
- Assurance



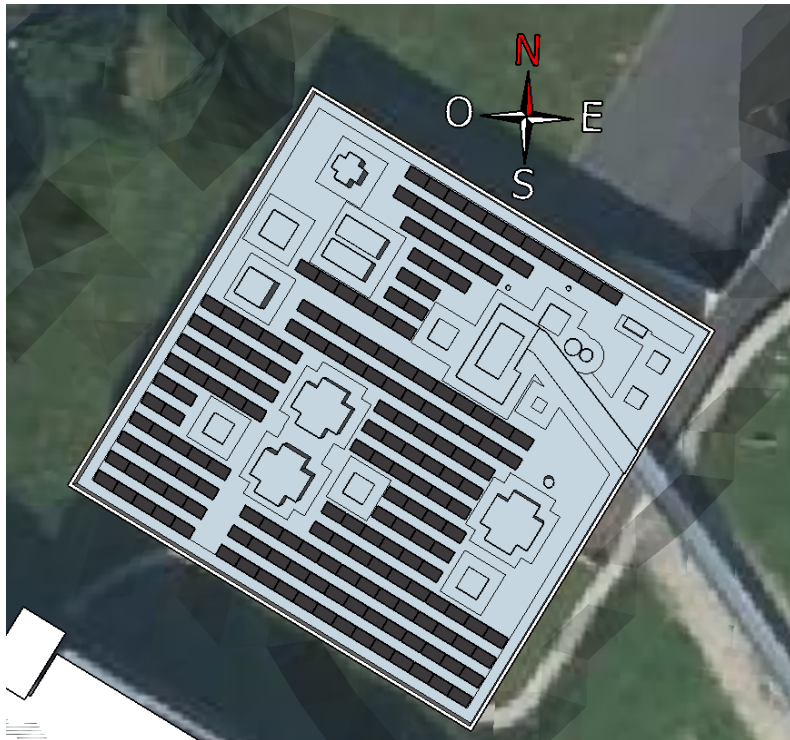
B195 - bâtiment



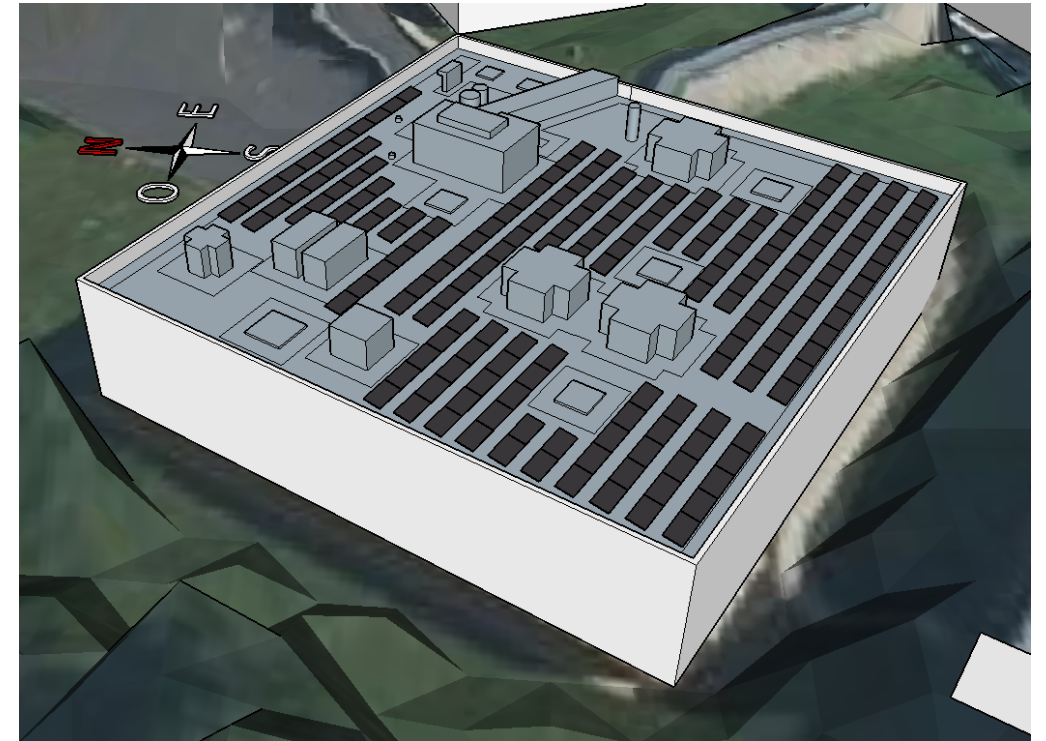
Toiture végétalisée sur support TAN et charpente métallique. Fort taux d'encombrement avec de nombreux extracteurs de hauteur $> 2\text{m}$.

La mise en place d'un système PV nécessitera au préalable le retrait de la végétalisation existante, voire de tout le complexe d'étanchéité existant.

B195 - installation



Système en surimposition, lesté ou thermosoudé à l'étanchéité.

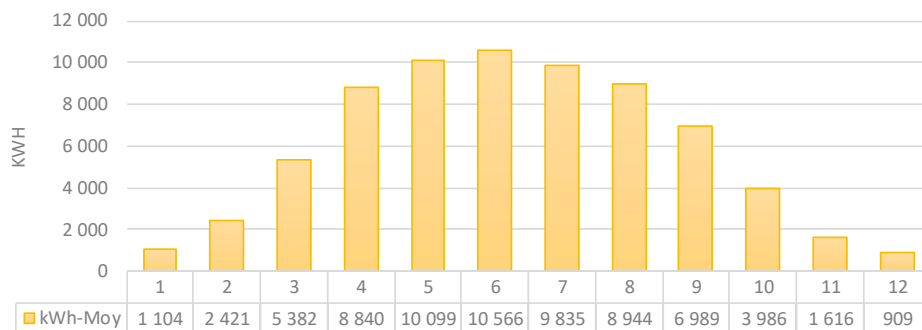


Surface du générateur PV	381 m ²
Inclinaison	10°
Orientation	29°
Puissance crête retenue kWc	82,33 kWc
Puissance unitaire Wc module PV	445 Wc
Nombre de modules PV	185
Type Module PV	mono-Si
Dimensions module PV	1,868m*1,07m
Puissance totale max onduleurs kVA	83 kVA
Nombre d'onduleurs	3
Types d'onduleurs	Onduleurs triphasés multi MPPT

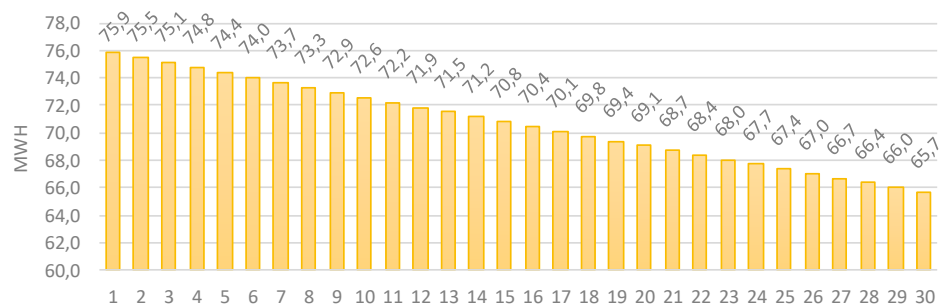
B195 - production

Production d'énergie

Gisement global horizontal du site sans masque	1 152 kWh/m²/an
Gisement global horizontal du site avec masques	1 141 kWh/m²/an
Production AC année 1	75 885 kWh
Productible spécifique année 1 (P50)	922 kWh/kWc
Productible spécifique année 1 (P90)	845 kWh/kWc
Pertes par écrêtage onduleur année 1	0,12%
Perte par bridage de la puissance d'injection	0,0%
Performance Ratio	74,4%



Production mensuelle AC (moyenne sur la durée d'observation) en kWh/mois



Production AC année par année en MWh/an

Pertes moyennes sur la durée de l'installation (30 ans)

Pertes Irradiation

Masque lointain	0,40%
Masque proche	6,50%
Différences d'ombrages entre modules	2,99%

Modules bifaciaux

Gain bifacial	0,00%
---------------	-------

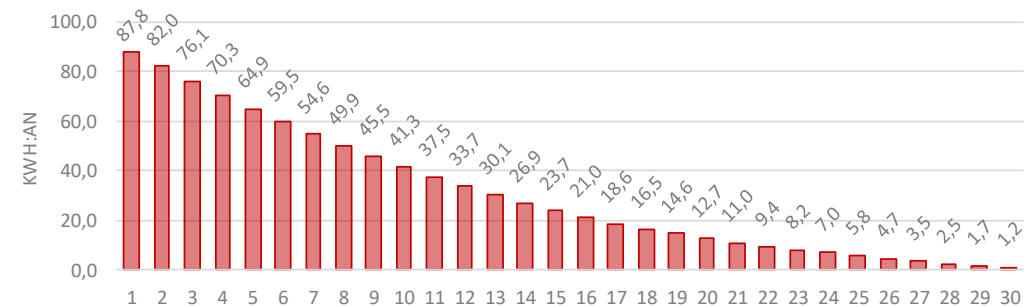
Pertes Modules

IAM (réflexion)	3,93%
LID	2,00%
Encrassement module	2,00%
Température	0,95%
Tolérance de puissance des modules	-0,75%
Dispersion des caractéristiques	1,00%
Vieillessement module	7,39%

Pertes Système

Câbles DC	0,40%
Onduleur	4,47%
Ecrêtage	0,04%
Facteur de puissance	0,05%
Câbles AC	0,33%
Indisponibilité de la centrale	2,00%

Pertes par écrêtage des onduleurs



Pertes par écrêtage (kWh/an)

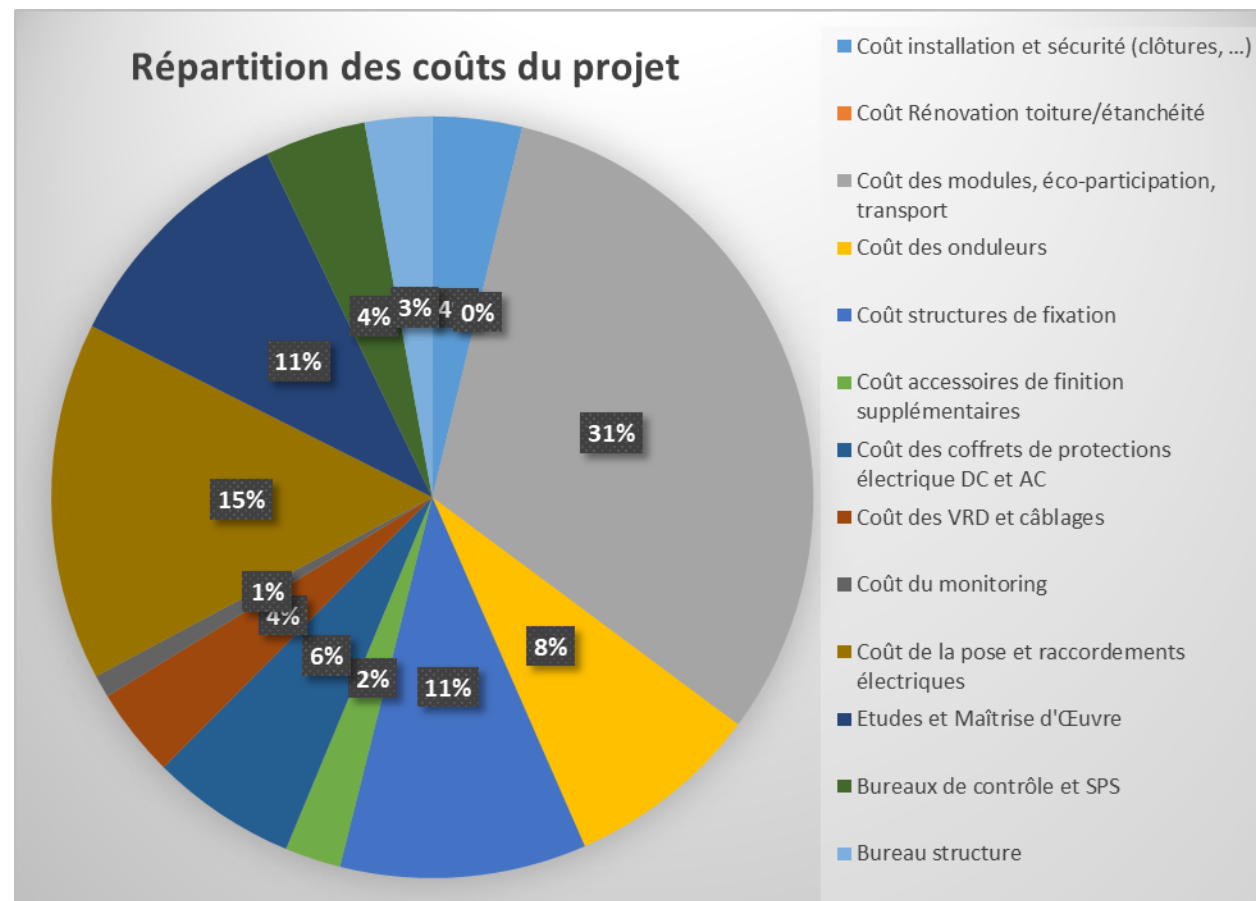
B195 - coût

Décomposition des coûts du projet en € HT (CAPEX)	
Coût installation et sécurité (clôtures, ...)	4 000 €
Coût Rénovation toiture/étanchéité	NON COMPRIS
Coût des modules, éco-participation, transport	33 000 €
Coût des onduleurs	8 700 €
Coût structures de fixation	11 000 €
Coût accessoires de finition supplémentaires	2 500 €
Coût des coffrets de protections électrique DC et AC	6 500 €
Coût des VRD et câblages	4 000 €
Coût du monitoring	1 000 €
Coût de la pose et raccordements électriques	16 000 €
Fourniture et pose de la centrale PV	86 700 €
Etudes et Maîtrise d'Œuvre	11 000 €
Bureaux de contrôle et SPS	4 500 €
Bureau structure	3 000 €
Investissement TOTAL	105 200 €
<i>Coût total au Wc</i>	<i>1,28 €/Wc</i>

CHARGES	
Charge d'exploitation année 1	1 800 €/an

Les charges d'exploitation comprennent :

- Entretien et maintenance
- Assurance



B171-172 - bâtiment

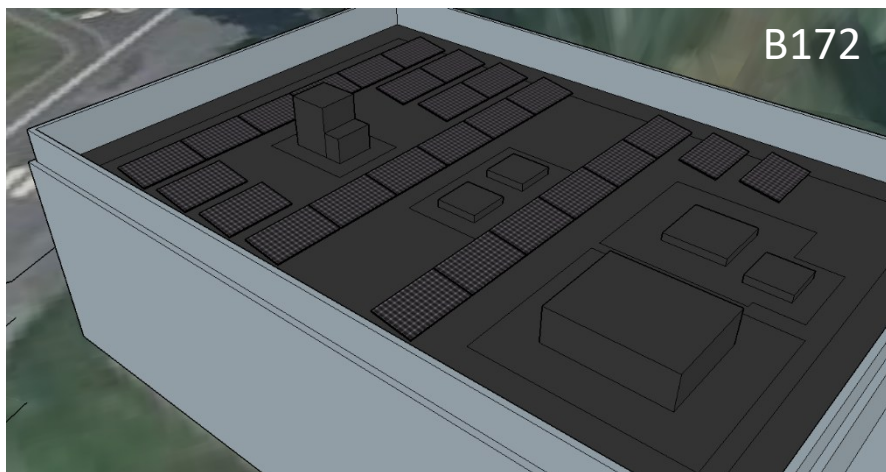


B171 : bâtiment en ossature bois avec membrane d'étanchéité PVC sur support TAN et isolant.

B172 : structure béton et étanchéité bitumineuse apparente.

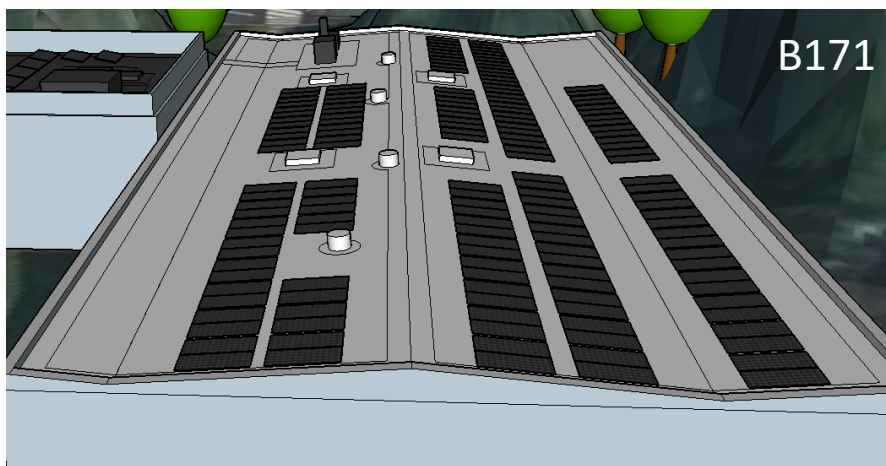
Sécurisation des 2 toitures par ligne de vie. Présence de quelques équipements techniques en toiture.

B171-172 - installation



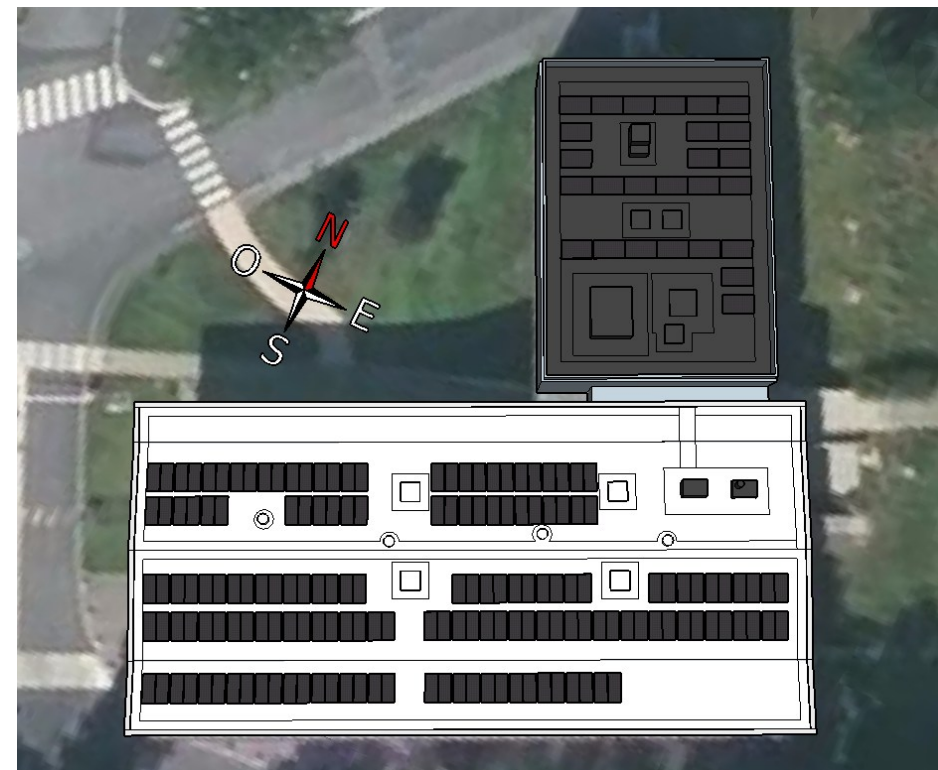
B172

B172 : Système en surimposition, lesté ou thermosoudé à l'étanchéité. Substitution de la ligne de vie par des garde-corps.



B171

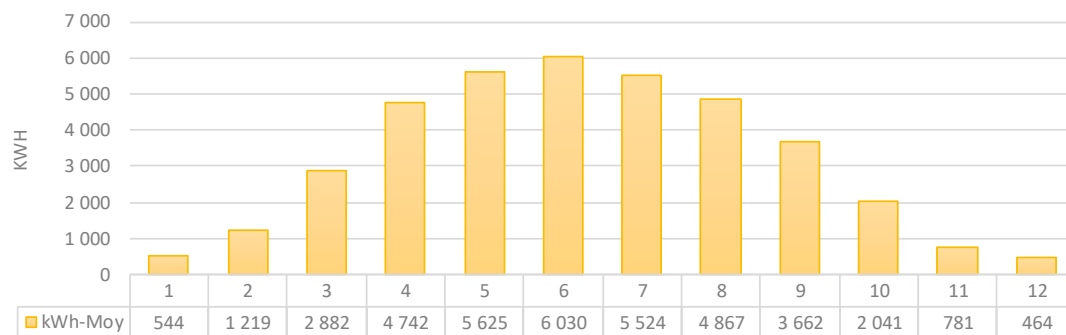
B171 : Système à plat, collé à la membrane d'étanchéité



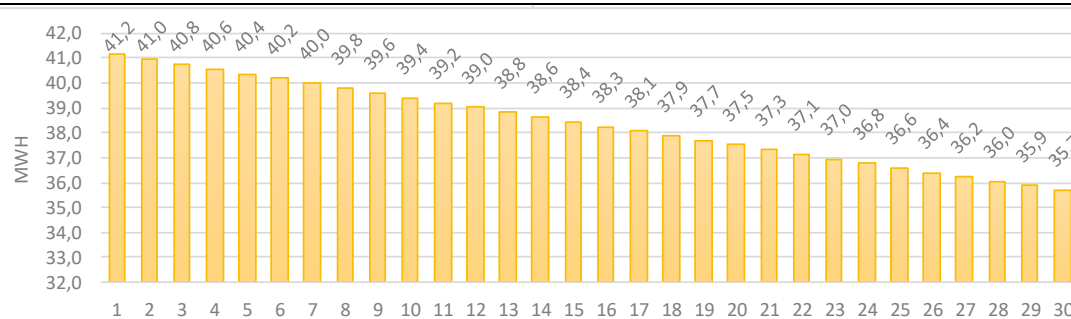
	B171	B172	TOTAL
Surface du générateur PV	204 m ²	54 m ²	258 m ²
Inclinaison	5°	10°	-
Orientation	-25° / 155°	-25°	-
Puissance crête retenue kWc	35,26 kWc	11,57 kWc	46,83 kWc
Puissance unitaire Wc module PV	215 Wc	445 Wc	-
Nombre de modules PV	164	26	190
Type Module PV	mono-Si	mono-Si	mono-Si
Dimensions module PV	1,62m*0,74m	1,868m*1,07m	-
Puissance totale max onduleurs kVA	33 kVA	11 kVA	43,9 kVA
Nombre d'onduleurs	1	1	2
Types d'onduleurs	Onduleurs triphasés multi MPPT		

B171-172 - production

Production d'énergie	
Gisement global horizontal du site sans masque	1 152 kWh/m ² /an
Gisement global horizontal du site avec masques	1 146 kWh/m ² /an
Production AC année 1	41 158 kWh
Productible spécifique année 1 (P50)	879 kWh/kWc
Productible spécifique année 1 (P90)	806 kWh/kWc
Pertes par écrêtage onduleur année 1	0,32%
Perte par bridage de la puissance d'injection	0,0%
Performance Ratio	75,0%



Production mensuelle AC (moyenne sur la durée d'observation) en kWh/mois



Production AC année par année en MWh/an

Pertes moyennes sur la durée de l'installation (30 ans)		
Pertes Irradiation		
Masque lointain		0,17%
Masque proche		6,18%
Différences d'ombrages entre modules		1,76%
Modules bifaciaux		
Gain bifacial		0,00%
Pertes Modules		
IAM (réflexion)		4,50%
LID		2,00%
Encrassement module		1,00%
Température		1,24%
Tolérance de puissance des modules		-0,75%
Dispersion des caractéristiques		1,00%
Vieillessement module		7,39%
Pertes Système		
Câbles DC		0,38%
Onduleur		3,73%
Ecrêtage		0,15%
Facteur de puissance		0,06%
Câbles AC		0,37%
Indisponibilité de la centrale		2,00%
Pertes par écrêtage des onduleurs		
122,1 124,3 116,8 109,6 102,7 96,2 90,1 84,4 78,9 73,7 68,6 63,7 59,0 54,6 50,4 46,5 42,9 39,4 36,2 33,1 30,4 27,8 25,3 23,0 21,0 19,0 17,2 15,4 13,7 12,0		
Pertes par écrêtage (kWh/an)		

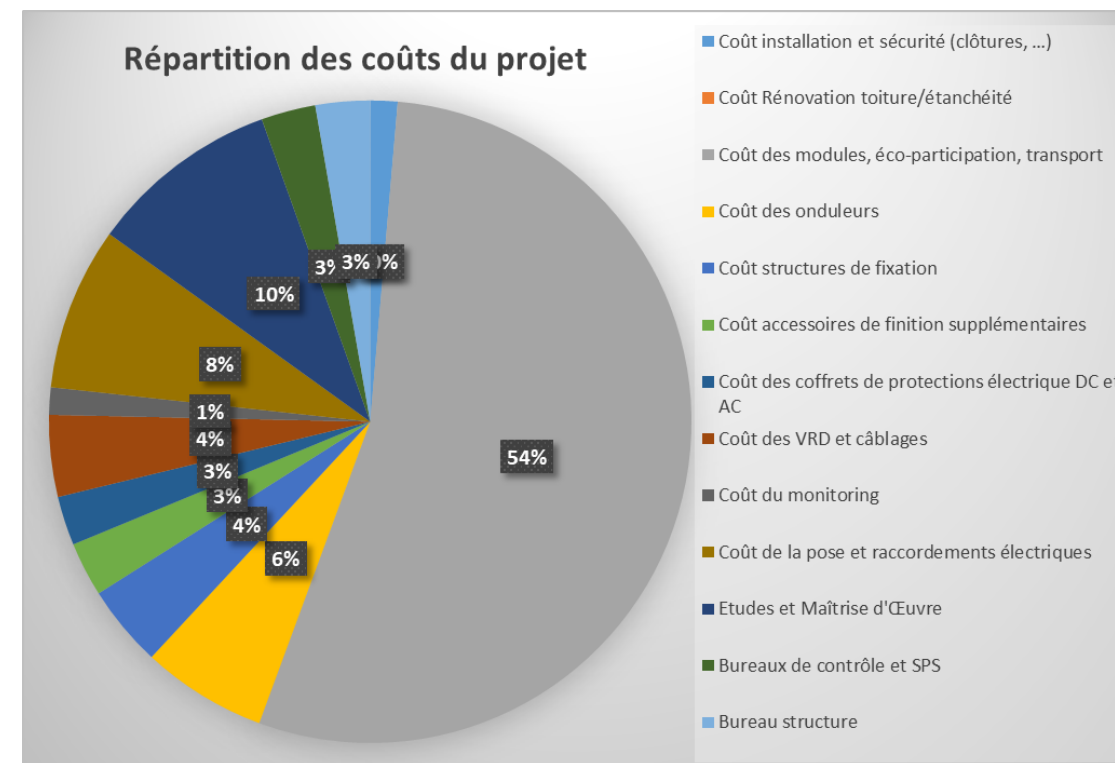
90

B171-172 - coût

Décomposition des coûts du projet en € HT (CAPEX)	
Coût installation et sécurité (clôtures, ...)	1 000 €
Coût Rénovation toiture/étanchéité	NON COMPRIS
Coût des modules, éco-participation, transport	39 600 €
Coût des onduleurs	4 600 €
Coût structures de fixation	3 000 €
Coût accessoires de finition supplémentaires	2 000 €
Coût des coffrets de protections électrique DC et AC	1 800 €
Coût des VRD et câblages	3 000 €
Coût du monitoring	1 000 €
Coût de la pose et raccordements électriques	6 000 €
Fourniture et pose de la centrale PV	62 000 €
Etudes et Maîtrise d'Œuvre	7 000 €
Bureaux de contrôle et SPS	2 000 €
Bureau structure	2 000 €
Investissement TOTAL	73 000 €
<i>Coût total au Wc</i>	<i>1,56 €/Wc</i>
CHARGES	
Charge d'exploitation année 1	900 €/an

Les charges d'exploitation comprennent :

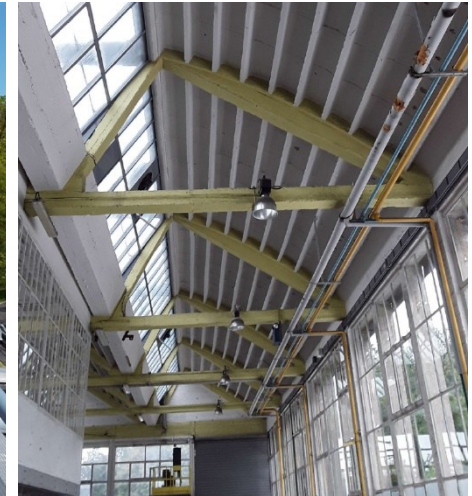
- Entretien et maintenance
- Assurance



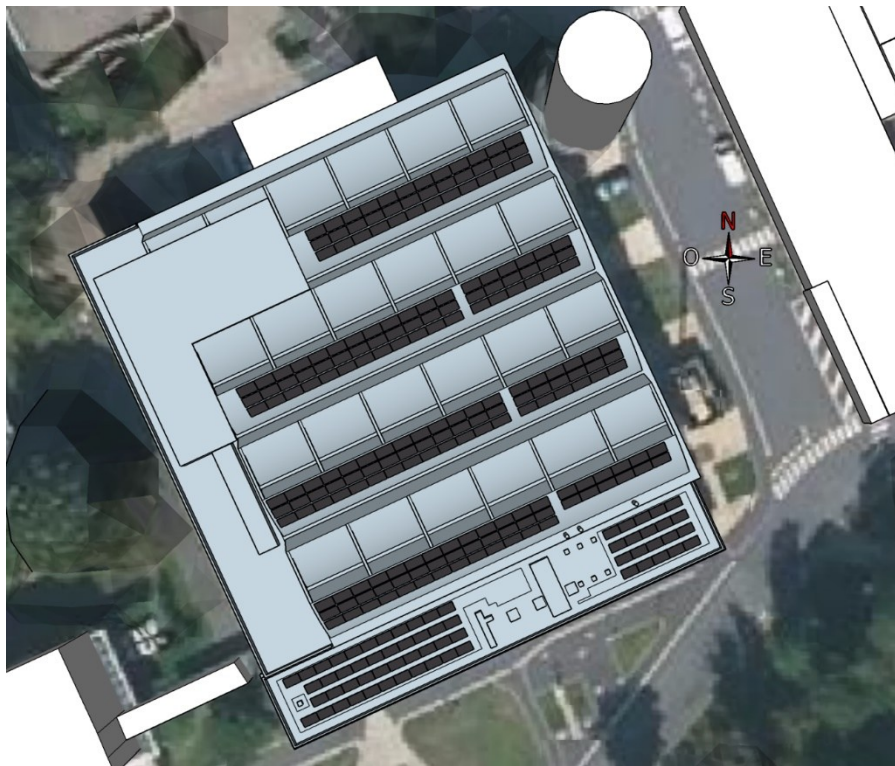
B10 - bâtiment



Bâtiment avec zone constituée d'une toiture en sheds incurvés sur structure béton, et une toiture terrasse en contrebas.
La sécurisation est réalisée par des garde-corps.



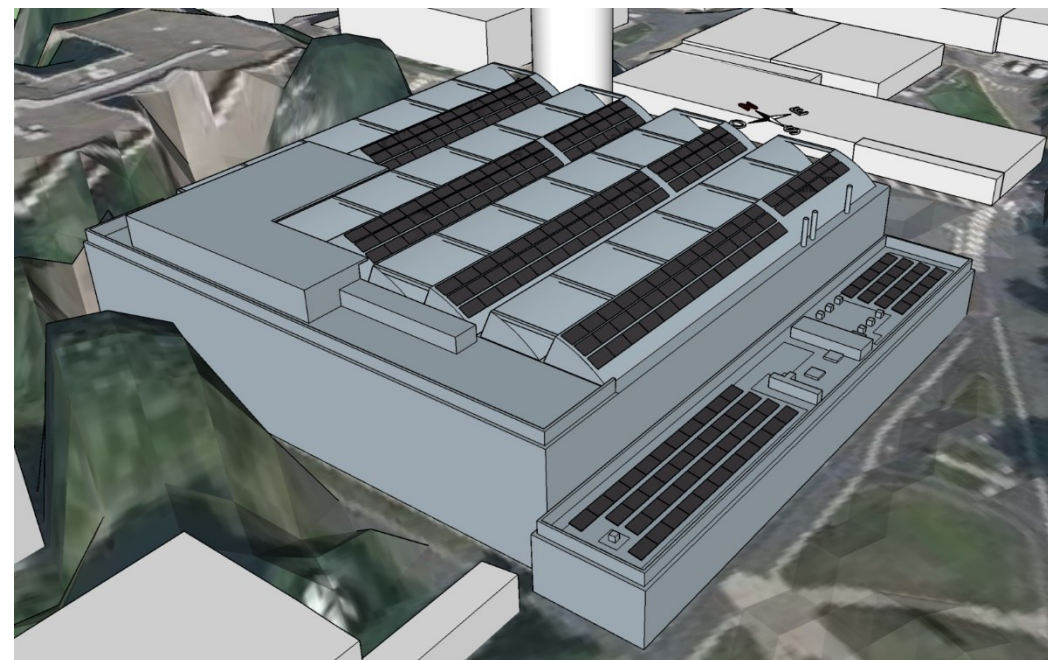
B10 - installation



Zone « Shed » : Système à plat, collé à la membrane d'étanchéité

Zone « terrasse » : Système en surimposition, lesté ou thermosoudé à l'étanchéité.

Maintien des garde-corps sur les 2 zones.

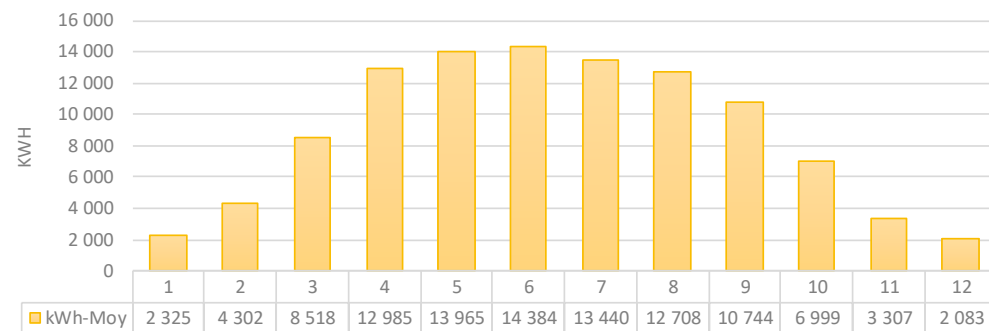


	Shed	Terrasse	TOTAL
Surface du générateur PV	497 m ²	128 m ²	624 m ²
Inclinaison	21° / 26° / 31°	10°	-
Orientation	-25°	-25°	-
Puissance crête retenue kWc	85,14 kWc	27,59 kWc	112,73 kWc
Puissance unitaire Wc module PV	430 Wc	445 Wc	-
Nombre de modules PV	198	62	260
Type Module PV	mono-Si	mono-Si	mono-Si
Dimensions module PV	2,18m*1,12m	1,868m*1,07m	-
Puissance totale max onduleurs kVA	80 kVA	25 kVA	105,0 kVA
Nombre d'onduleurs	2	1	2
Types d'onduleurs	Onduleurs triphasés multi MPPT		

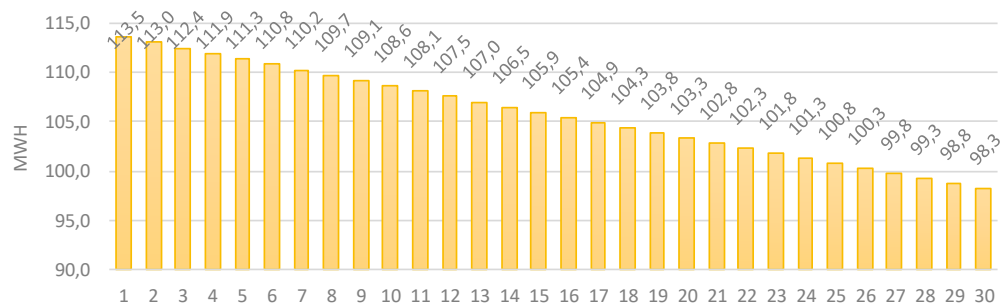
B10 - production

Production d'énergie : Avec Bridage

Gisement global horizontal du site sans masque	1 152 kWh/m²/an
Gisement global horizontal du site avec masques	1 146 kWh/m²/an
Production AC année 1	113 548 kWh
Productible spécifique année 1 (P50)	1 007 kWh/kWc
Productible spécifique année 1 (P90)	924 kWh/kWc
Pertes par écrêtage onduleur année 1	0,08%
Perte par bridage de la puissance d'injection	0,0%
Performance Ratio	76,4%



Production mensuelle AC (moyenne sur la durée d'observation) en kWh/mois



Production AC année par année en MWh/an

Pertes moyennes sur la durée de l'installation (30 ans)

Pertes Irradiation

Masque lointain	0,23%
Masque proche	6,30%
Différences d'ombrages entre modules	0,80%

Modules bifaciaux

Gain bifacial	0,00%
---------------	-------

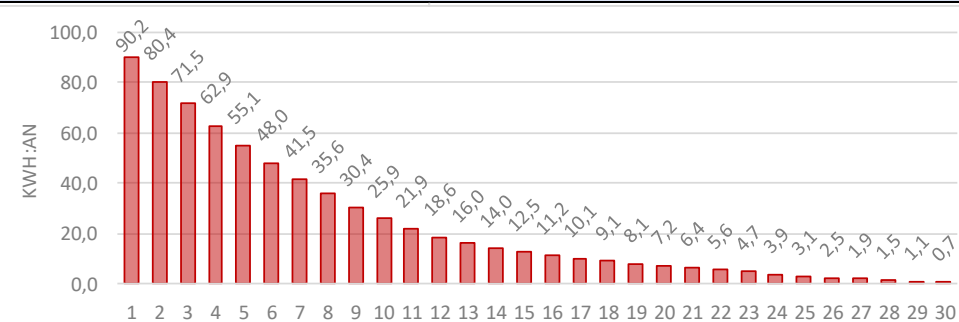
Pertes Modules

IAM (réflexion)	3,27%
LID	2,00%
Encrassement module	2,00%
Température	1,11%
Tolérance de puissance des modules	-0,75%
Dispersion des caractéristiques	1,00%
Vieillesse module	7,39%

Pertes Système

Câbles DC	0,42%
Onduleur	4,06%
Ecrêtage	0,02%
Facteur de puissance	0,06%
Câbles AC	0,35%
Indisponibilité de la centrale	2,00%

Pertes par écrêtage des onduleurs



Pertes par écrêtage (kWh/an)

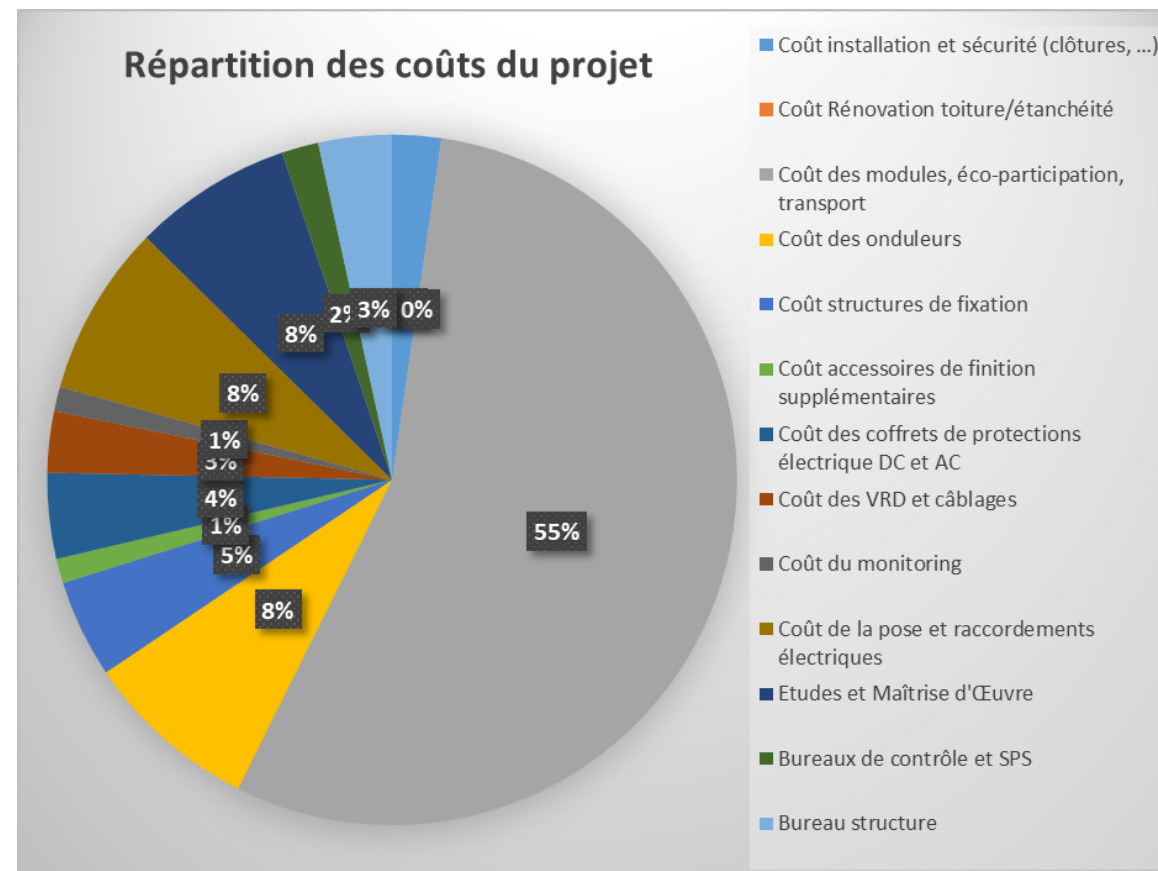
B10 - coût

Décomposition des coûts du projet en € HT (CAPEX)	
Coût installation et sécurité (clôtures, ...)	4 000 €
Coût Rénovation toiture/étanchéité	NON COMPRIS
Coût des modules, éco-participation, transport	96 000 €
Coût des onduleurs	14 300 €
Coût structures de fixation	8 000 €
Coût accessoires de finition supplémentaires	2 000 €
Coût des coffrets de protections électrique DC et AC	7 000 €
Coût des VRD et câblages	5 000 €
Coût du monitoring	2 000 €
Coût de la pose et raccordements électriques	14 000 €
Fourniture et pose de la centrale PV	152 300 €
Etudes et Maîtrise d'Œuvre	13 000 €
Bureaux de contrôle et SPS	3 000 €
Bureau structure	6 000 €
Investissement TOTAL	174 300 €
<i>Coût total au Wc</i>	<i>1,55 €/Wc</i>

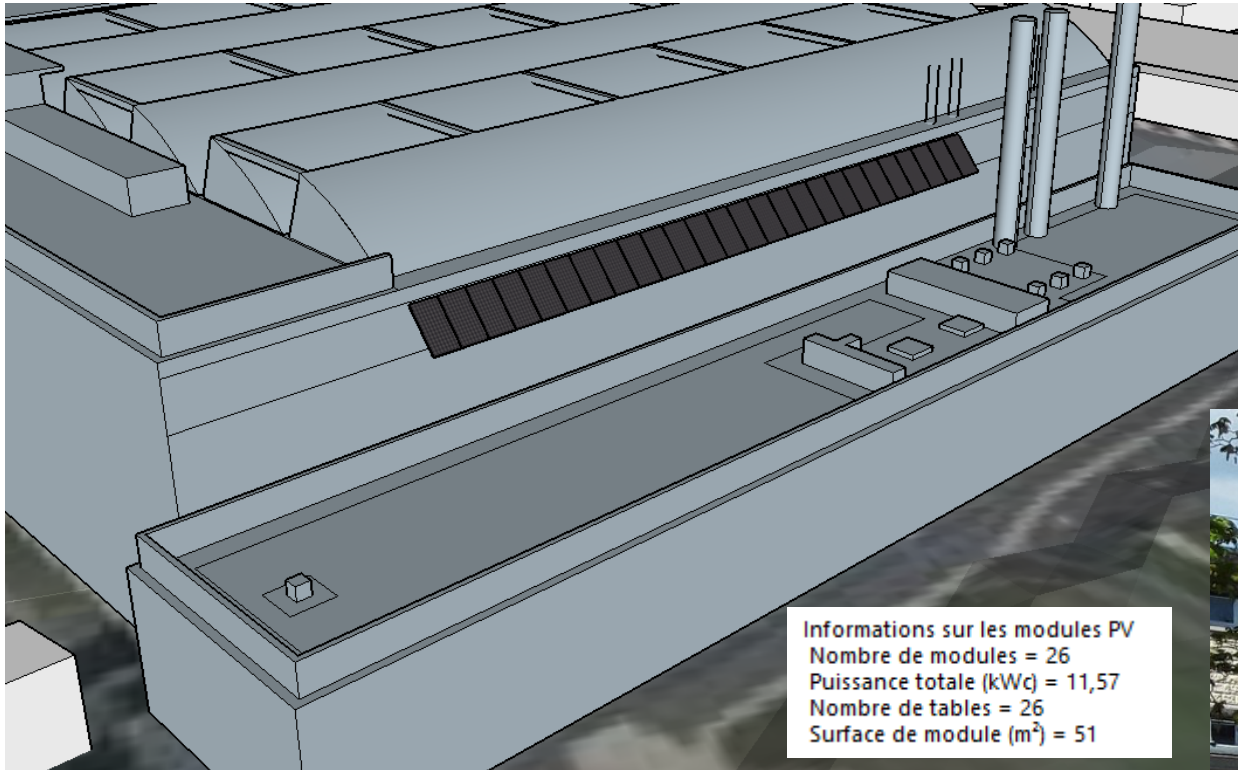
CHARGES	
Charge d'exploitation année 1	1 800 €/an

Les charges d'exploitation comprennent :

- Entretien et maintenance
- Assurance



B10 – potentiel en façade



Faible puissance (12 kWc) -> peu rentable

**Système ne disposant pas d'ATEC ni d'ETN ->
difficilement assurable**



Principe de montage – Source : Schletter

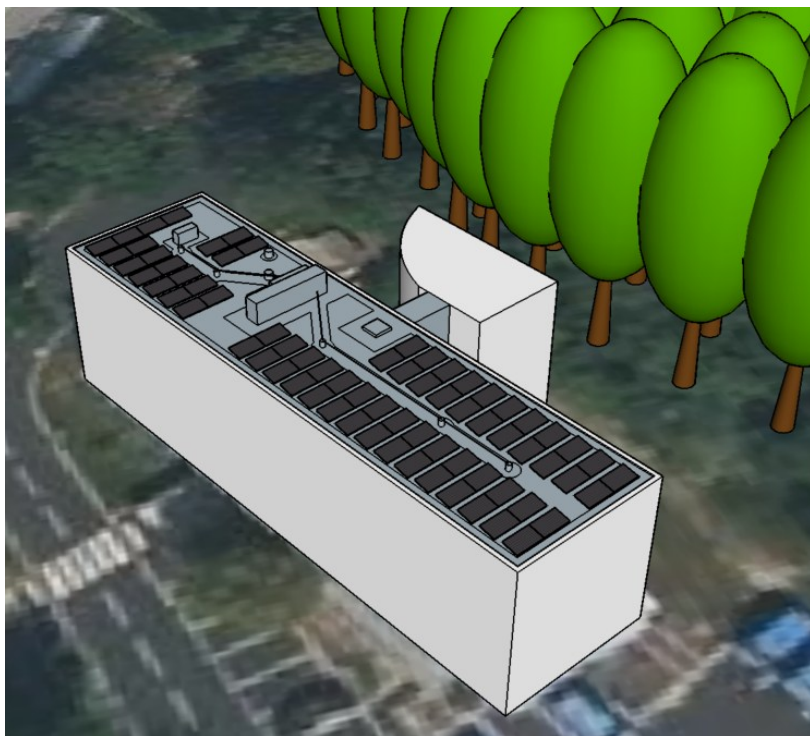


B80 - bâtiment



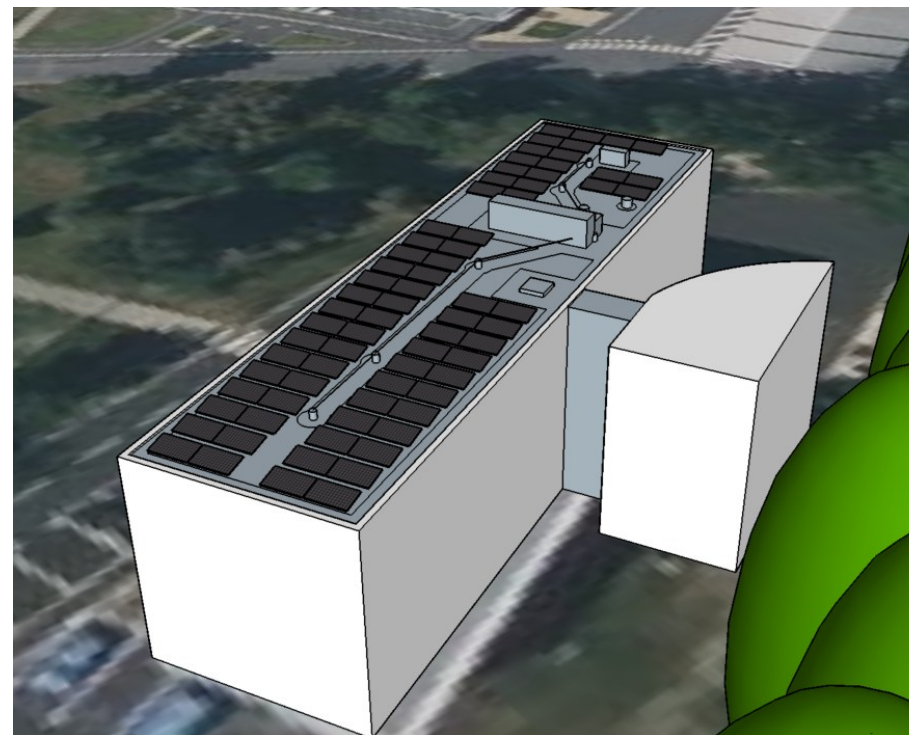
Toiture terrasse avec étanchéité bitumineuse apparente et structure béton. L'accès en toiture se fait par un skydome. La toiture dispose d'un encombrement assez faible. La sécurisation est assurée par une ligne de vie centrale.

B80 - installation



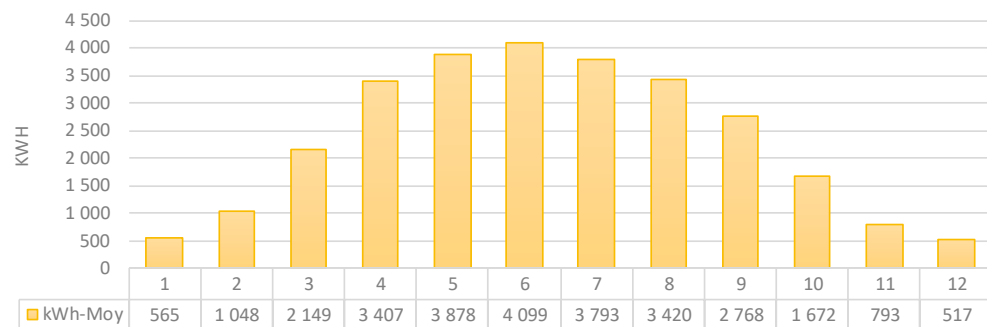
Système en surimposition, lesté ou thermosoudé à l'étanchéité.
Maintien de la ligne de vie centrale.

Surface du générateur PV	148 m ²
Inclinaison	10°
Orientation	-25°
Puissance crête retenue kWc	32,04 kWc
Puissance unitaire Wc module PV	445 Wc
Nombre de modules PV	72
Type Module PV	mono-Si
Dimensions module PV	1,868m*1,07m
Puissance totale max onduleurs kVA	30,0 kVA
Nombre d'onduleurs	1
Types d'onduleurs	Onduleurs triphasés multi MPPT

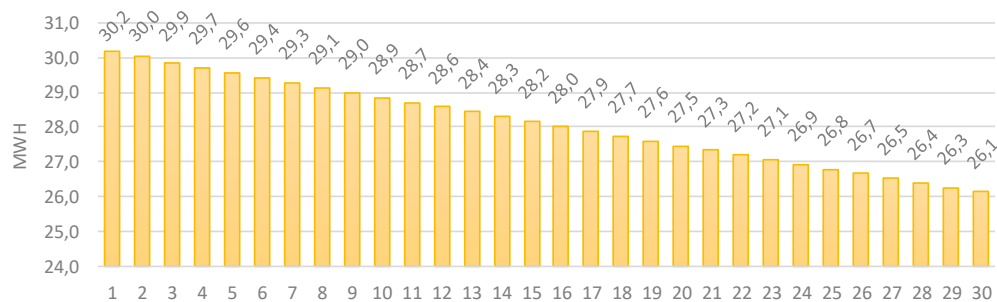


B80 - production

Production d'énergie	
Gisement global horizontal du site sans masque	1 152 kWh/m²/an
Gisement global horizontal du site avec masques	1 147 kWh/m²/an
Production AC année 1	30 151 kWh
Productible spécifique année 1 (P50)	941 kWh/kWc
Productible spécifique année 1 (P90)	863 kWh/kWc
Pertes par écrêtage onduleur année 1	0,25%
Perte par bridage de la puissance d'injection	0,0%
Performance Ratio	75,5%



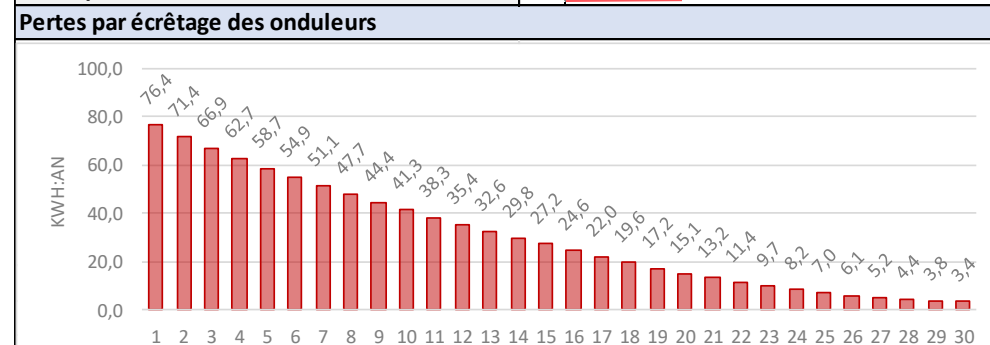
Production mensuelle AC (moyenne sur la durée d'observation) en kWh/mois



Production AC année par année en MWh/an

Pertes moyennes sur la durée de l'installation (30 ans)

Pertes Irradiation	
Masque lointain	0,11%
Masque proche	7,53%
Différences d'ombrages entre modules	0,45%
Modules bifaciaux	
Gain bifacial	0,00%
Pertes Modules	
IAM (réflexion)	3,90%
LID	2,00%
Encrassement module	2,00%
Température	0,94%
Tolérance de puissance des modules	-0,75%
Dispersion des caractéristiques	1,00%
Vieillessement module	7,39%
Pertes Système	
Câbles DC	0,39%
Onduleur	4,22%
Ecrêtage	0,11%
Facteur de puissance	0,04%
Câbles AC	0,36%
Indisponibilité de la centrale	2,00%



Pertes par écrêtage (kWh/an)

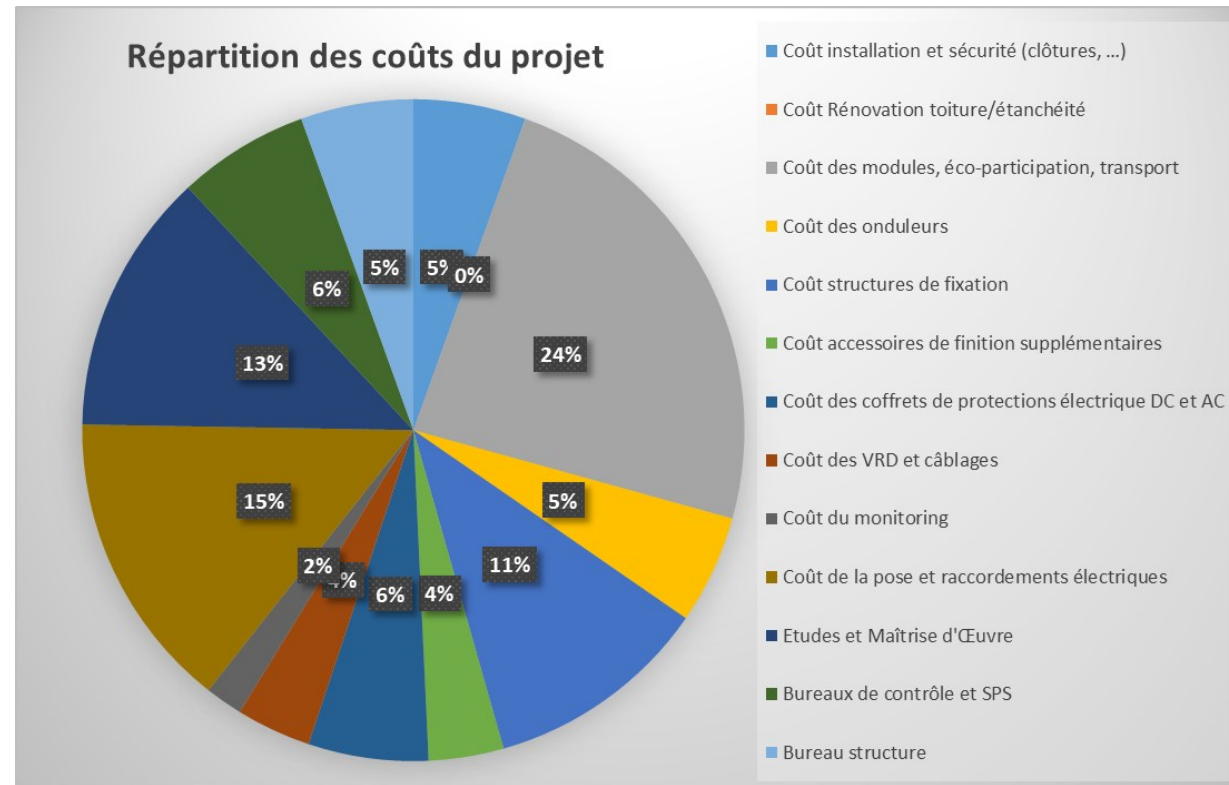
B80 - coût

Décomposition des coûts du projet en € HT (CAPEX)	
Coût installation et sécurité (clôtures, ...)	3 000 €
Coût Rénovation toiture/étanchéité	NON COMPRIS
Coût des modules, éco-participation, transport	13 000 €
Coût des onduleurs	2 900 €
Coût structures de fixation	6 000 €
Coût accessoires de finition supplémentaires	2 000 €
Coût des coffrets de protections électrique DC et AC	3 200 €
Coût des VRD et câblages	2 000 €
Coût du monitoring	1 000 €
Coût de la pose et raccordements électriques	8 000 €
Fourniture et pose de la centrale PV	41 100 €
Etudes et Maîtrise d'Œuvre	7 000 €
Bureaux de contrôle et SPS	3 500 €
Bureau structure	3 000 €
Investissement TOTAL	54 600 €
<i>Coût total au Wc</i>	<i>1,70 €/Wc</i>

CHARGES	
Charge d'exploitation année 1	900 €/an

Les charges d'exploitation comprennent :

- Entretien et maintenance
- Assurance

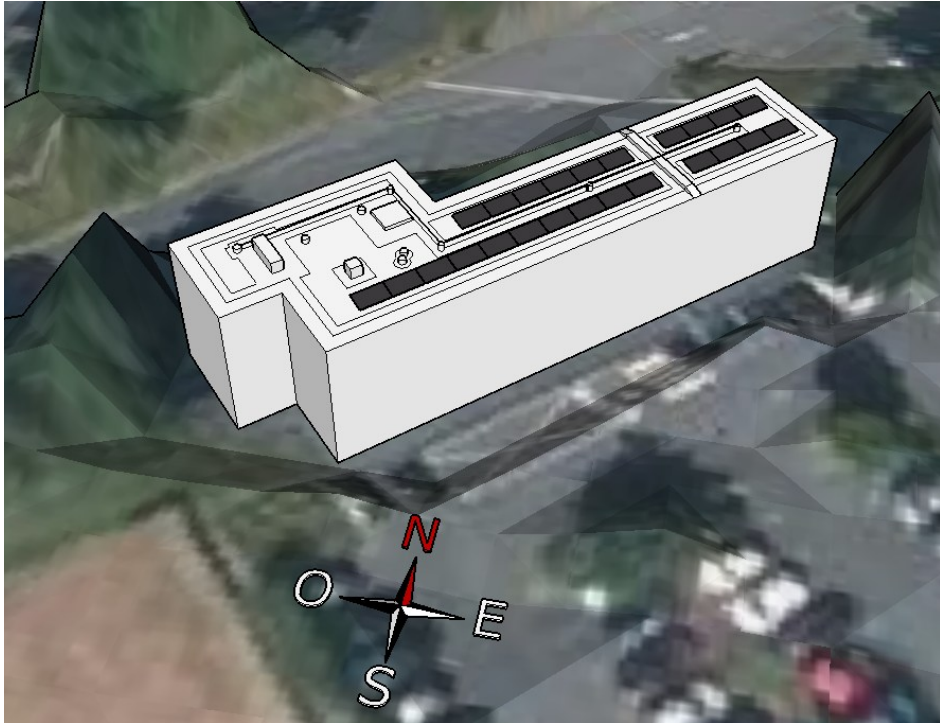


B21 - bâtiment

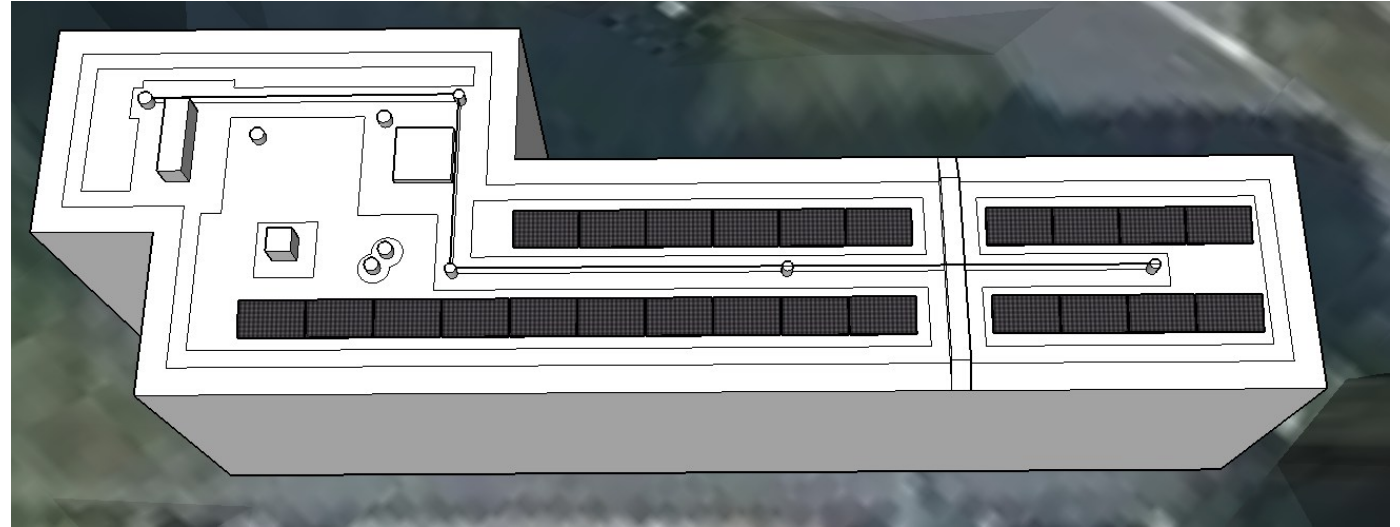


Toiture terrasse avec étanchéité bitumineuse apparente et structure béton. L'accès en toiture se fait par un skydome. La toiture dispose d'un encombrement assez faible. La sécurisation est assurée par une ligne de vie centrale.

B21 - installation



Système en surimposition, lesté ou thermosoudé à l'étanchéité.
Maintien de la ligne de vie centrale.

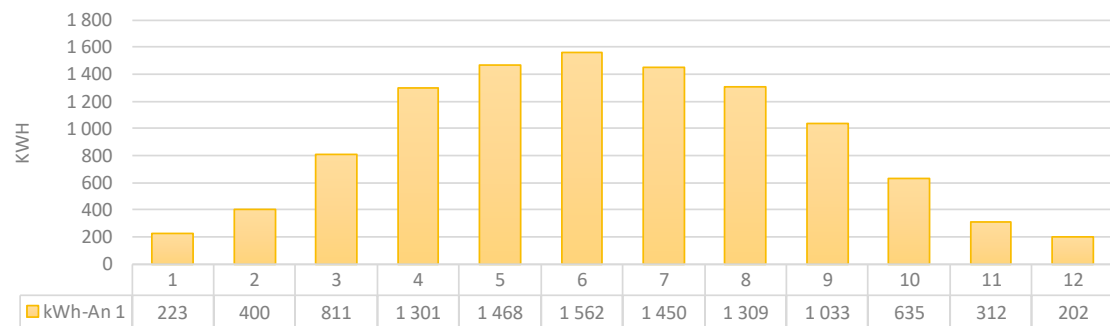


Surface du générateur PV	49 m ²
Inclinaison	10°
Orientation	-4°
Puissance crête retenue kWc	10,68 kWc
Puissance unitaire Wc module PV	445 Wc
Nombre de modules PV	24
Type Module PV	mono-Si
Dimensions module PV	1,868m*1,07m
Puissance totale max onduleurs kVA	10,0 kVA
Nombre d'onduleurs	1

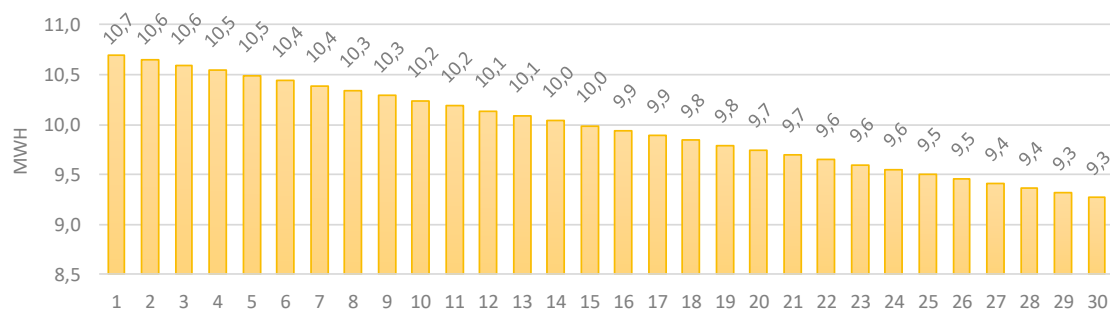
B21 - production

Production d'énergie : Avec Bridage

Gisement global horizontal du site sans masque	1 152 kWh/m²/an
Gisement global horizontal du site avec masques	1 148 kWh/m²/an
Production AC année 1	10 706 kWh
Productible spécifique année 1 (P50)	1 002 kWh/kWc
Productible spécifique année 1 (P90)	919 kWh/kWc
Pertes par écrêtage onduleur année 1	0,16%
Perte par bridage de la puissance d'injection	0,0%
Performance Ratio	81,7%



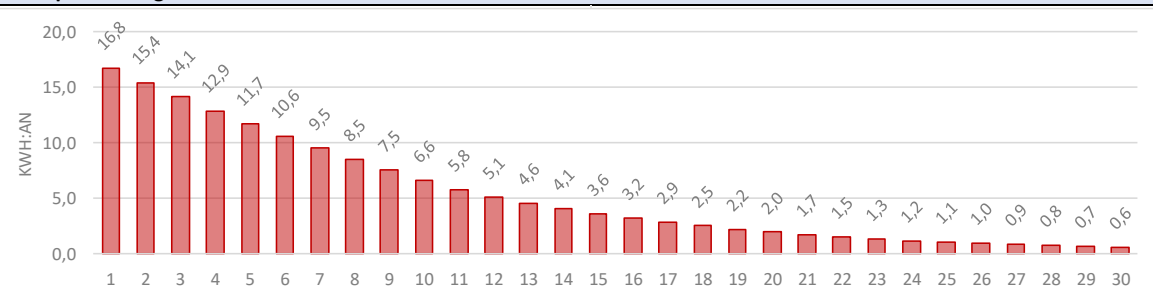
Production mensuelle AC année 1 en kWh/mois



Production AC année par année en MWh/an

Pertes moyennes sur la durée de l'installation (30 ans)

Pertes Irradiation	
Masque lointain	0,13%
Masque proche	3,25%
Différences d'ombrages entre modules	0,06%
Modules bifaciaux	
Gain bifacial	0,00%
Pertes Modules	
IAM (réflexion)	4,00%
LID	2,00%
Encrassement module	2,00%
Température	0,78%
Tolérance de puissance des modules	-0,75%
Dispersion des caractéristiques	1,00%
Vieillessement module	7,39%
Pertes Système	
Câbles DC	0,39%
Onduleur	1,91%
Ecrêtage	0,05%
Facteur de puissance	0,06%
Câbles AC	0,32%
Indisponibilité de la centrale	2,00%
Pertes par écrêtage des onduleurs	



Pertes par écrêtage (kWh/an)

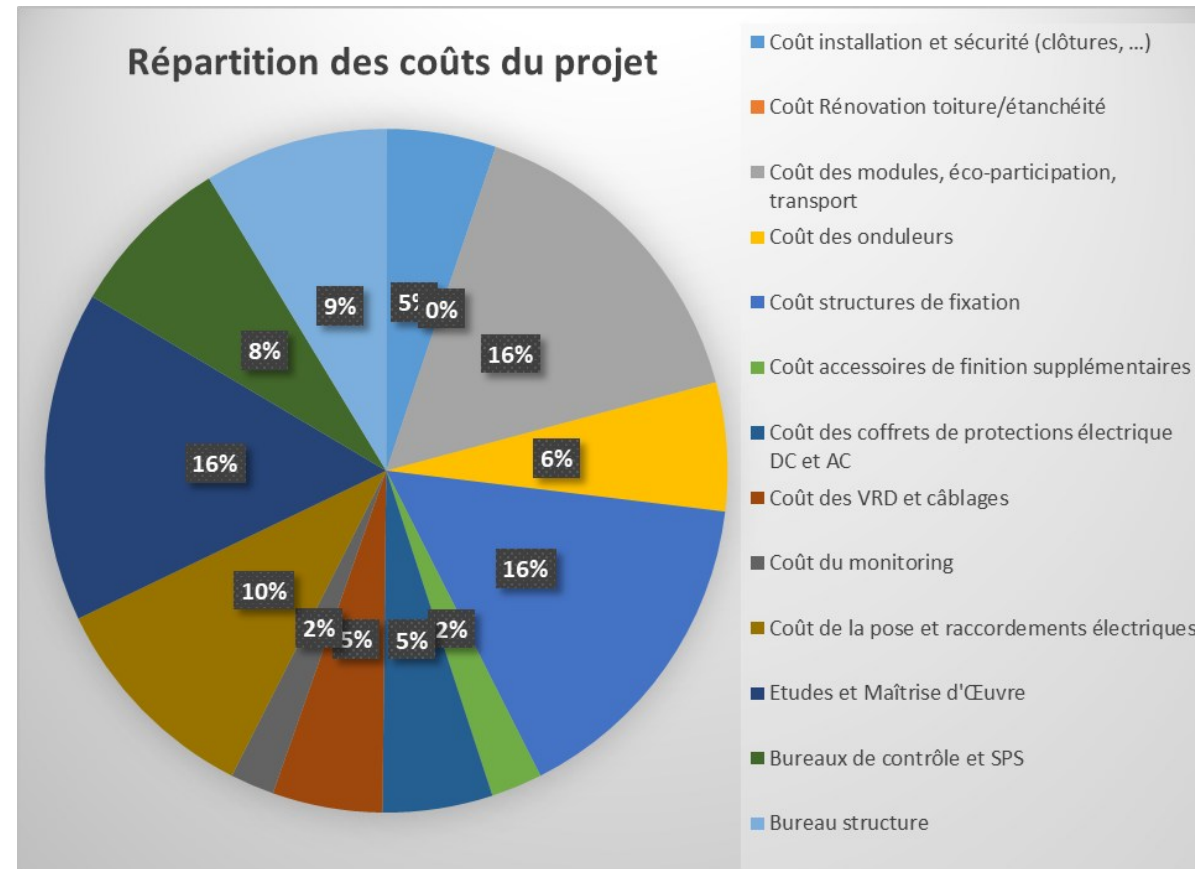
B21 - coût

Décomposition des coûts du projet en € HT (CAPEX)	
Coût installation et sécurité (clôtures, ...)	1 500 €
Coût Rénovation toiture/étanchéité	NON COMPRIS
Coût des modules, éco-participation, transport	4 500 €
Coût des onduleurs	1 750 €
Coût structures de fixation	4 500 €
Coût accessoires de finition supplémentaires	700 €
Coût des coffrets de protections électrique DC et AC	1 500 €
Coût des VRD et câblages	1 500 €
Coût du monitoring	600 €
Coût de la pose et raccordements électriques	3 000 €
Fourniture et pose de la centrale PV	19 550 €
Etudes et Maîtrise d'Œuvre	4 500 €
Bureaux de contrôle et SPS	2 250 €
Bureau structure	2 500 €
Investissement TOTAL	28 800 €
<i>Coût total au Wc</i>	<i>2,70 €/Wc</i>

CHARGES	
Charge d'exploitation année 1	400 €/an

Les charges d'exploitation comprennent :

- Entretien et maintenance
- Assurance



B89 - bâtiment

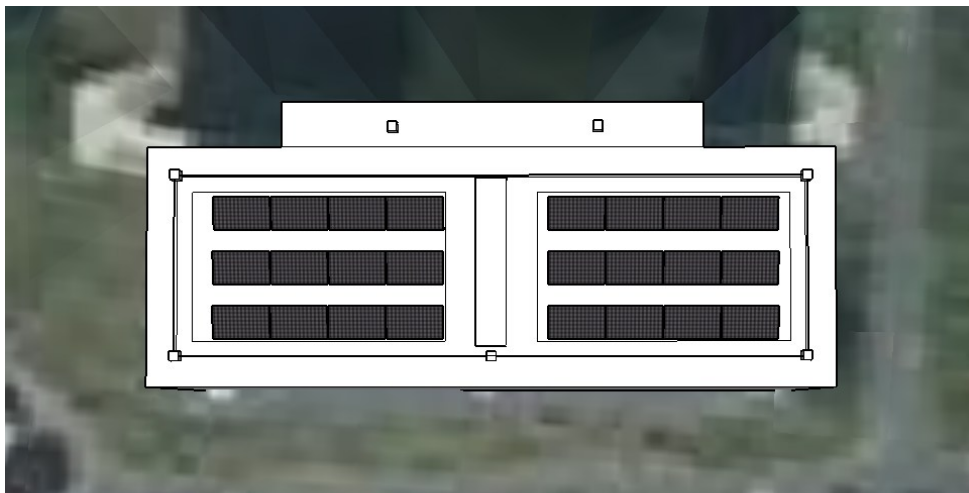


Vue depuis le B21

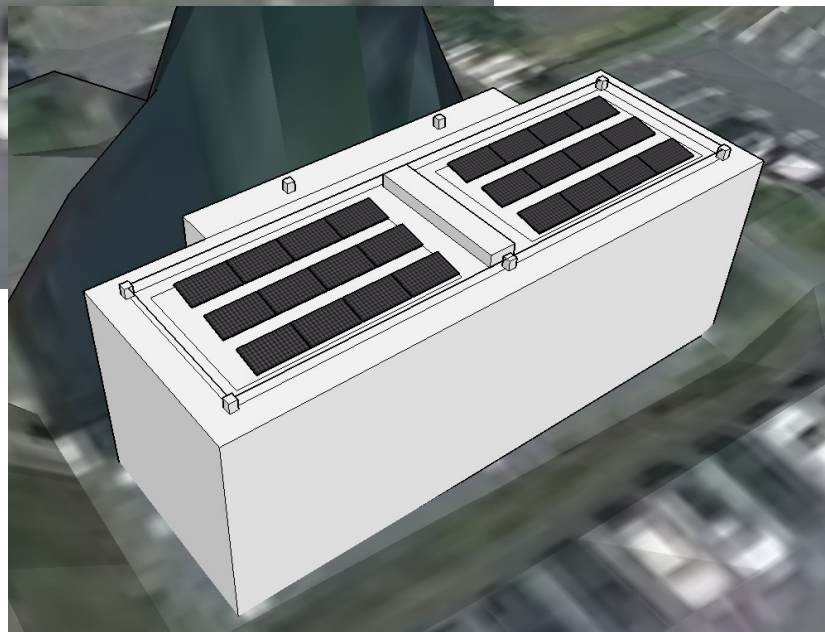
Toiture terrasse avec étanchéité bitumineuse apparente et structure béton. Pas d'accès en toiture. La toiture dispose d'un encombrement au centre. La sécurisation est assurée par une ligne de vie. Le bâtiment dispose de 2 PDL indépendants.



B89 - installation



Surface du générateur PV	49 m ²
Inclinaison	10°
Orientation	-4°
Puissance crête retenue kWc	10,68 kWc
Puissance unitaire Wc module PV	445 Wc
Nombre de modules PV	24
Type Module PV	mono-Si
Dimensions module PV	1,868m*1,07m
Puissance totale max onduleurs kVA	10,0 kVA
Nombre d'onduleurs	1

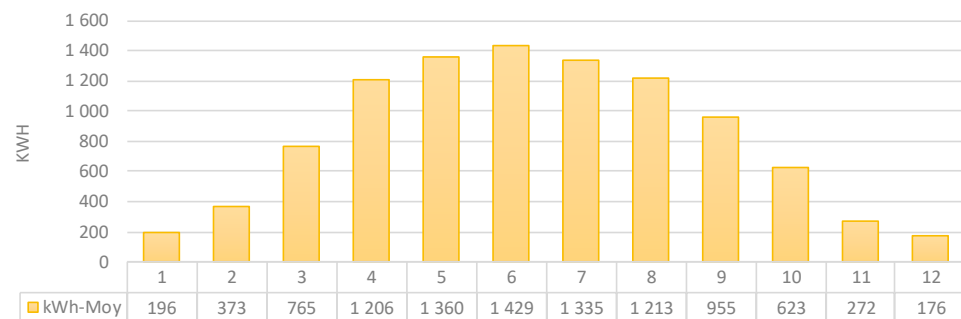


Système en surimposition, lesté ou
thermosoudé à l'étanchéité.
Maintien de la ligne de vie périphérique.

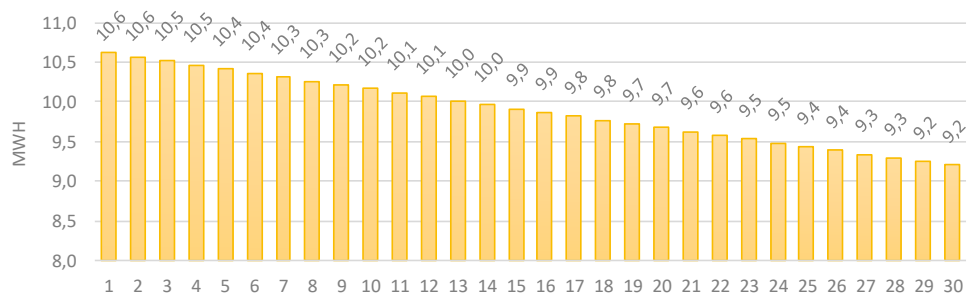
B89 - production

Production d'énergie : Avec Bridage

Gisement global horizontal du site sans masque	1 152 kWh/m²/an
Gisement global horizontal du site avec masques	1 148 kWh/m²/an
Production AC année 1	10 630 kWh
Productible spécifique année 1 (P50)	995 kWh/kWc
Productible spécifique année 1 (P90)	913 kWh/kWc
Pertes par écrêtage onduleur année 1	0,14%
Perte par bridage de la puissance d'injection	0,0%
Performance Ratio	79,3%



Production mensuelle AC (moyenne sur la durée d'observation) en kWh/mois

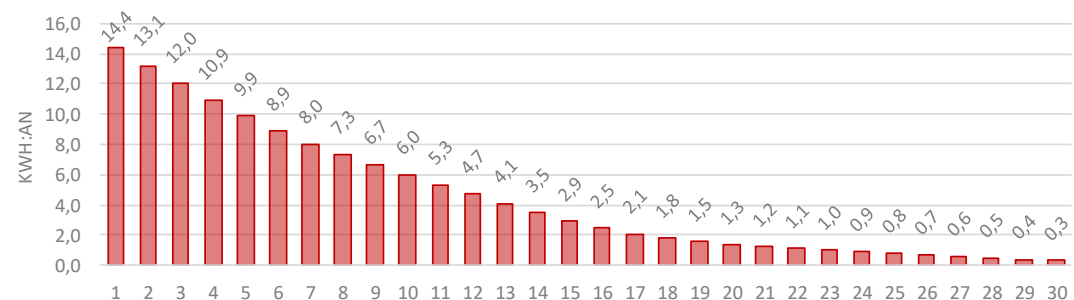


Production AC année par année en MWh/an

Pertes moyennes sur la durée de l'installation (30 ans)

Pertes Irradiation	
Masque lointain	0,13%
Masque proche	5,52%
Différences d'ombrages entre modules	0,21%
Modules bifaciaux	
Gain bifacial	0,00%
Pertes Modules	
IAM (réflexion)	3,87%
LID	2,00%
Encrassement module	2,00%
Température	0,90%
Tolérance de puissance des modules	-0,75%
Dispersion des caractéristiques	1,00%
Vieillessement module	7,39%
Pertes Système	
Câbles DC	0,39%
Onduleur	1,92%
Ecrêtage	0,05%
Facteur de puissance	0,06%
Câbles AC	0,32%
Indisponibilité de la centrale	2,00%

Pertes par écrêtage des onduleurs



Pertes par écrêtage (kWh/an)

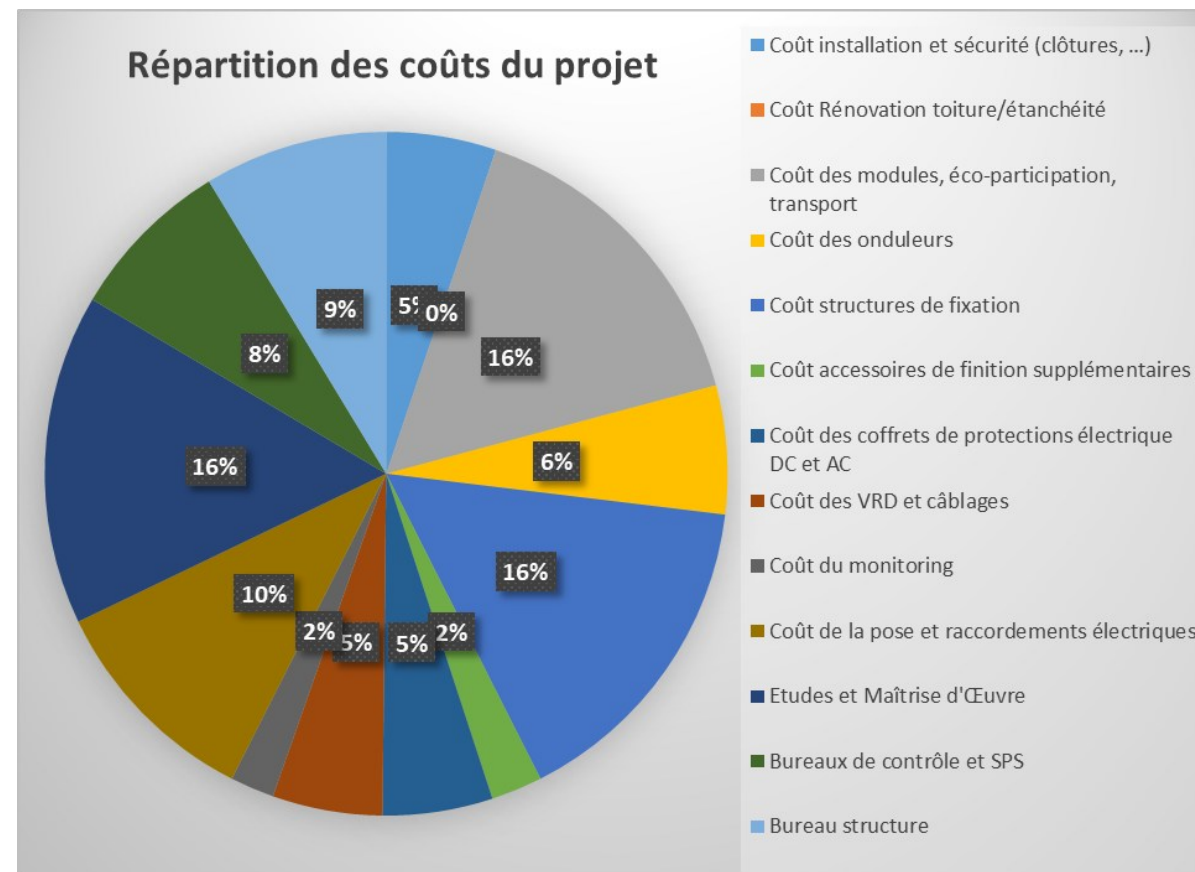
B89 - coût

Décomposition des coûts du projet en € HT (CAPEX)	
Coût installation et sécurité (clôtures, ...)	1 500 €
Coût Rénovation toiture/étanchéité	NON COMPRIS
Coût des modules, éco-participation, transport	4 500 €
Coût des onduleurs	1 750 €
Coût structures de fixation	4 500 €
Coût accessoires de finition supplémentaires	700 €
Coût des coffrets de protections électrique DC et AC	1 500 €
Coût des VRD et câblages	1 500 €
Coût du monitoring	600 €
Coût de la pose et raccordements électriques	3 000 €
Fourniture et pose de la centrale PV	19 550 €
Etudes et Maîtrise d'Œuvre	4 500 €
Bureaux de contrôle et SPS	2 250 €
Bureau structure	2 500 €
Investissement TOTAL	28 800 €
<i>Coût total au Wc</i>	<i>2,70 €/Wc</i>

CHARGES	
Charge d'exploitation année 1	400 €/an

Les charges d'exploitation comprennent :

- Entretien et maintenance
- Assurance



Parking - site



Parking VL de superficie $> 10\,000\text{ m}^2$, très ombragé par des arbres sur site et situés sur la parcelle voisine au Sud.
Candélabres d'éclairage à déposer sur les zones à équiper d'ombrières (éclairage en sous-face des ombrières à prévoir).

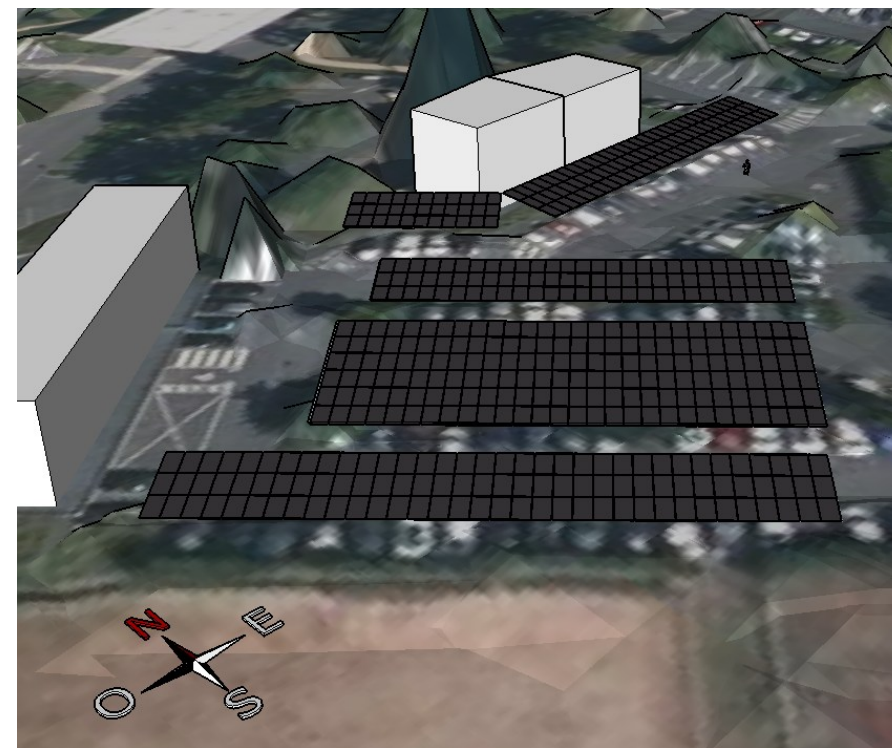


Parking - installation

Ombrière de parking avec fondations à définir suite aux études de sol.



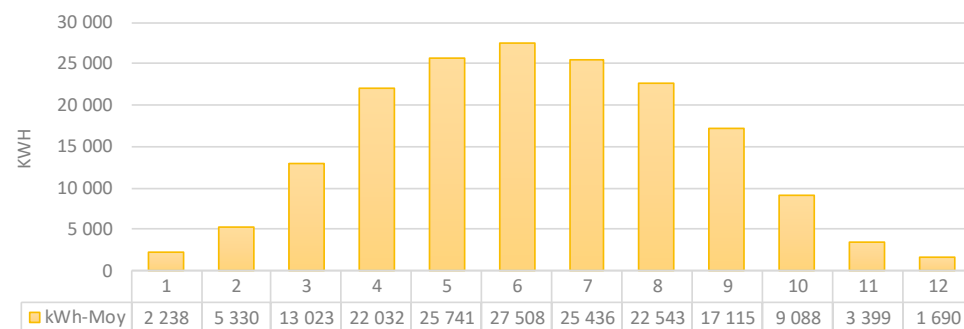
Surface du générateur PV	975 m ²
Inclinaison	6°
Orientation	-4°
Puissance crête retenue kWc	210,93 kWc
Puissance unitaire Wc module PV	445 Wc
Nombre de modules PV	474
Type Module PV	mono-Si
Dimensions module PV	1,868m*1,07m
Puissance totale max onduleurs kVA	186,0 kVA
Nombre d'onduleurs	2
Types d'onduleurs	Onduleurs triphasés multi MPPT



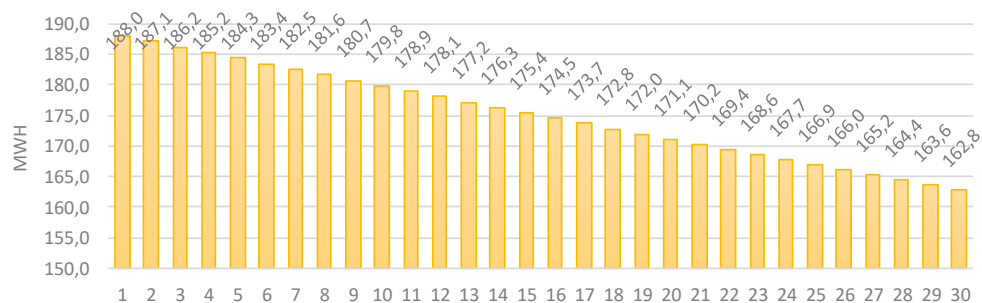
Parking - production

Production d'énergie : Avec Bridage

Gisement global horizontal du site sans masque	1 152 kWh/m²/an
Gisement global horizontal du site avec masques	1 148 kWh/m²/an
Production AC année 1	187 998 kWh
Productible spécifique année 1 (P50)	891 kWh/kWc
Productible spécifique année 1 (P90)	818 kWh/kWc
Pertes par écrêtage onduleur année 1	0,12%
Perte par bridage de la puissance d'injection	0,0%
Performance Ratio	74,3%



Production mensuelle AC (moyenne sur la durée d'observation) en kWh/mois

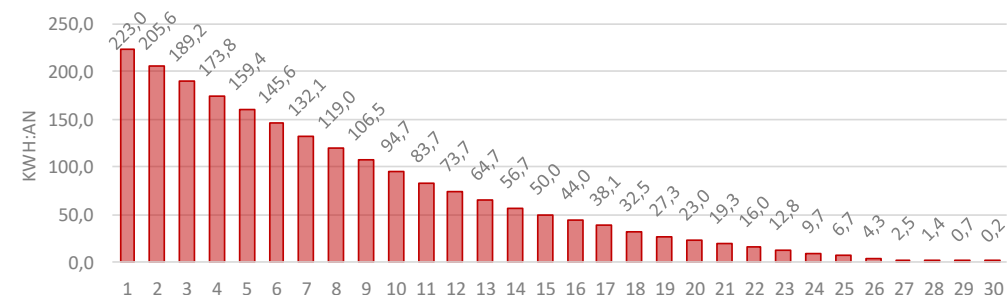


Production AC année par année en MWh/an

Pertes moyennes sur la durée de l'installation (30 ans)

Pertes Irradiation	
Masque lointain	0,12%
Masque proche	8,28%
Différences d'ombrages entre modules	1,20%
Modules bifaciaux	
Gain bifacial	0,00%
Pertes Modules	
IAM (réflexion)	4,28%
LID	2,00%
Encrassement module	2,00%
Température	0,80%
Tolérance de puissance des modules	-0,75%
Dispersion des caractéristiques	1,00%
Vieillessement module	7,39%
Pertes Système	
Câbles DC	0,38%
Onduleur	4,33%
Ecrêtage	0,04%
Facteur de puissance	0,05%
Câbles AC	0,34%
Indisponibilité de la centrale	2,00%

Pertes par écrêtage des onduleurs



Pertes par écrêtage (kWh/an)

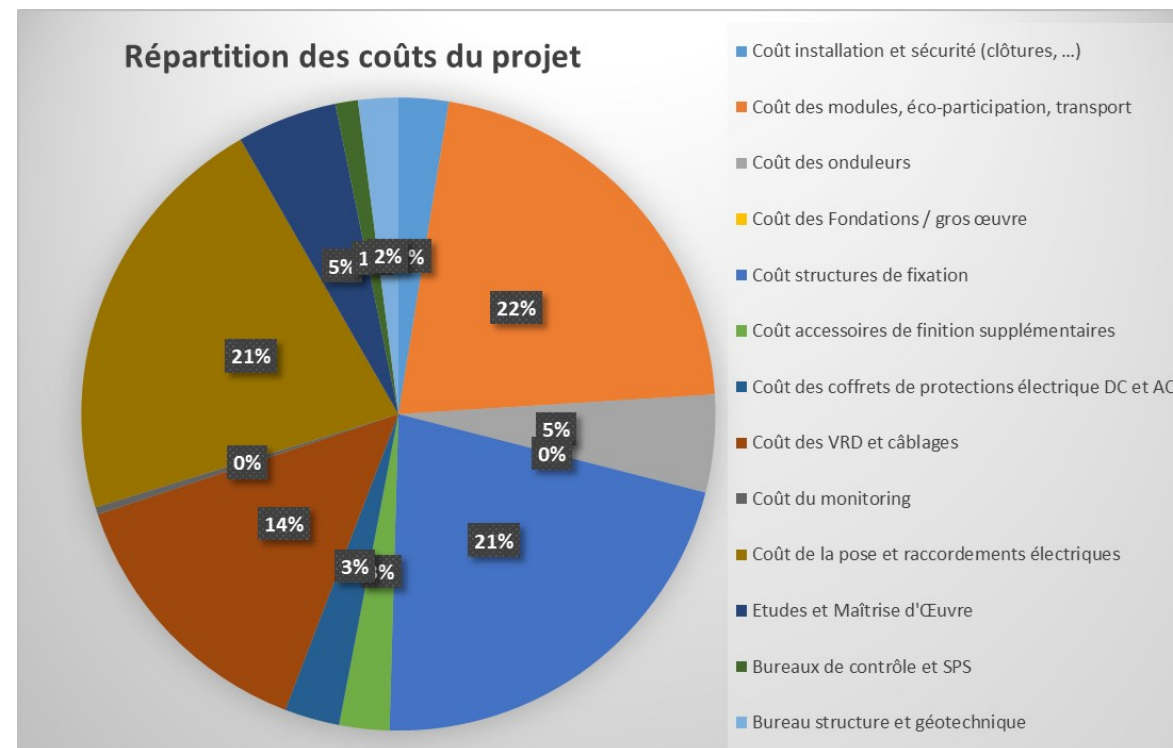
Parking - coût

Décomposition des coûts du projet en € HT (CAPEX)	
Coût installation et sécurité (clôtures, ...)	10 000 €
Coût des modules, éco-participation, transport	84 000 €
Coût des onduleurs	19 500 €
Coût des Fondations / gros œuvre	NON COMPRIS
Coût structures de fixation	84 000 €
Coût accessoires de finition supplémentaires	10 000 €
Coût des coffrets de protections électrique DC et AC	11 000 €
Coût des VRD et câblages	55 000 €
Coût du monitoring	1 500 €
Coût de la pose et raccordements électriques	84 000 €
Fourniture et pose de la centrale PV	359 000 €
Etudes et Maîtrise d'Œuvre	20 000 €
Bureaux de contrôle et SPS	4 500 €
Bureau structure et géotechnique	8 000 €
Investissement TOTAL	391 500 €
<i>Coût total au Wc</i>	<i>1,86 €/Wc</i>

CHARGES	
Charge d'exploitation année 1	3 300 €/an

Les charges d'exploitation comprennent :

- Entretien et maintenance
- Assurance



Tennis - site



Un court de tennis désaffecté est disponible pour une installation PV au sol. Grillage périphérique de 3m de haut générant des masques. Etude géotechnique à prévoir pour valider les conditions de pose de l'installation.

Tennis - installation

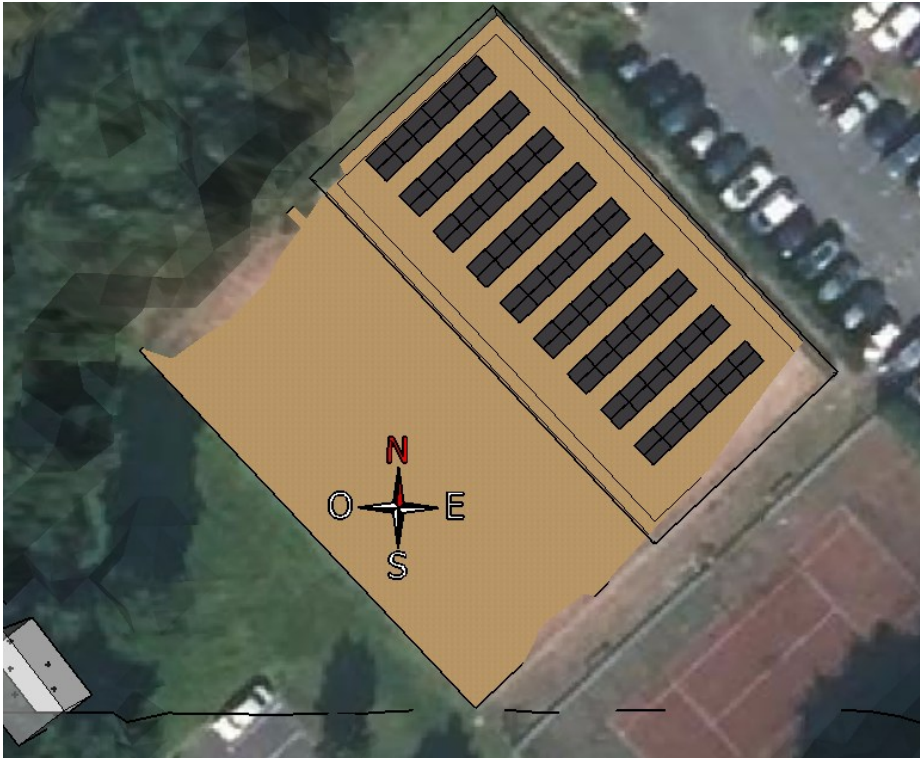
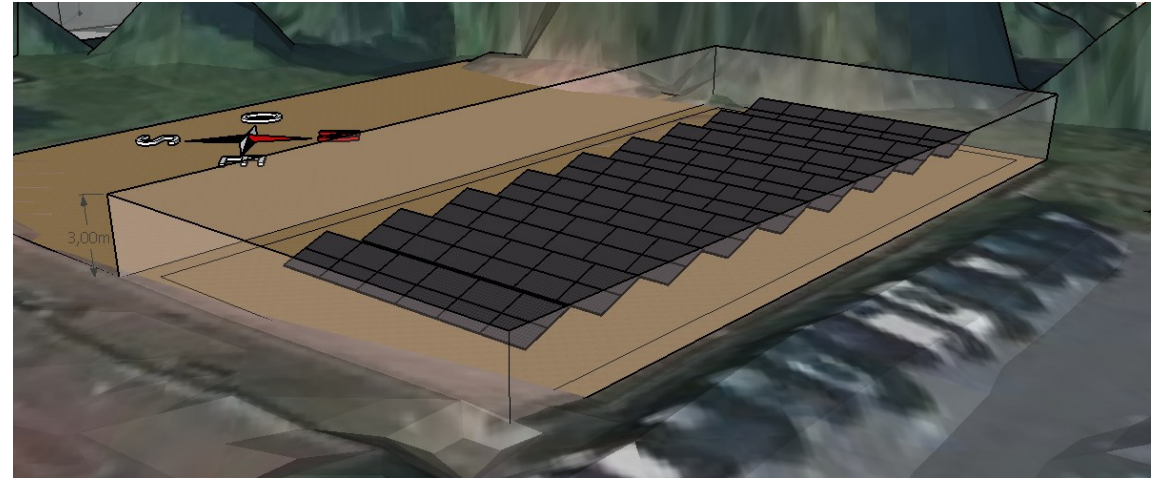


Table 2 rangées de 6 panneaux mode paysage.
Structure autoportante ou ancrés au sol par pieux (selon étude géotechnique)

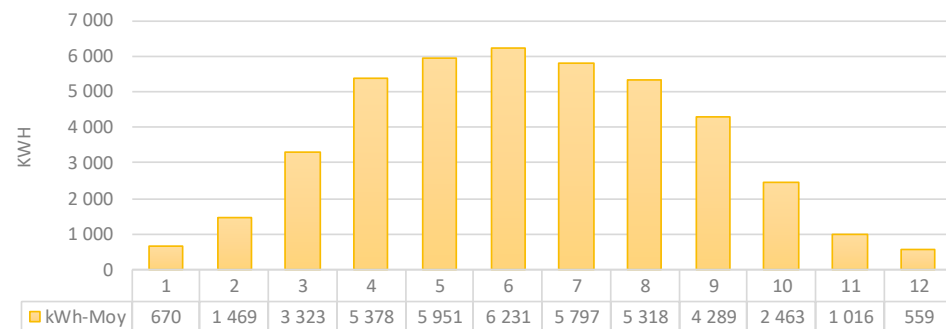


Surface du générateur PV	222 m ²
Inclinaison	20°
Orientation	-44°
Puissance crête retenue kWc	48,06 kWc
Puissance unitaire Wc module PV	445 Wc
Nombre de modules PV	108
Type Module PV	mono-Si
Dimensions module PV	1,868m*1,07m
Puissance totale max onduleurs kVA	50,0 kVA
Nombre d'onduleurs	1
Types d'onduleurs	Onduleurs triphasés multi MPPT

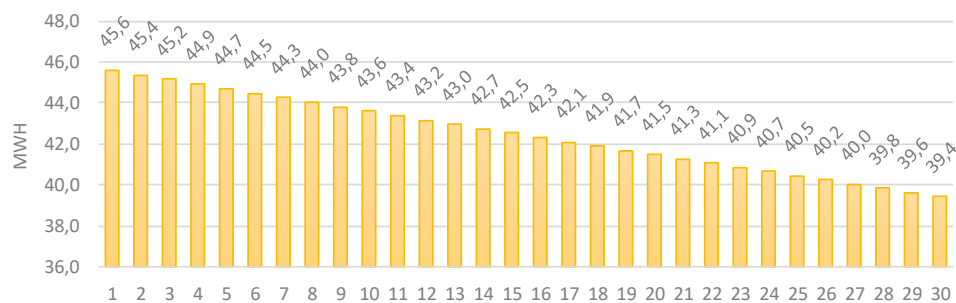
Tennis - production

Production d'énergie : Avec Bridage

Gisement global horizontal du site sans masque	1 152 kWh/m²/an
Gisement global horizontal du site avec masques	1 148 kWh/m²/an
Production AC année 1	45 607 kWh
Productible spécifique année 1 (P50)	949 kWh/kWc
Productible spécifique année 1 (P90)	870 kWh/kWc
Pertes par écrêtage onduleur année 1	0,02%
Perte par bridage de la puissance d'injection	0,0%
Performance Ratio	74,1%



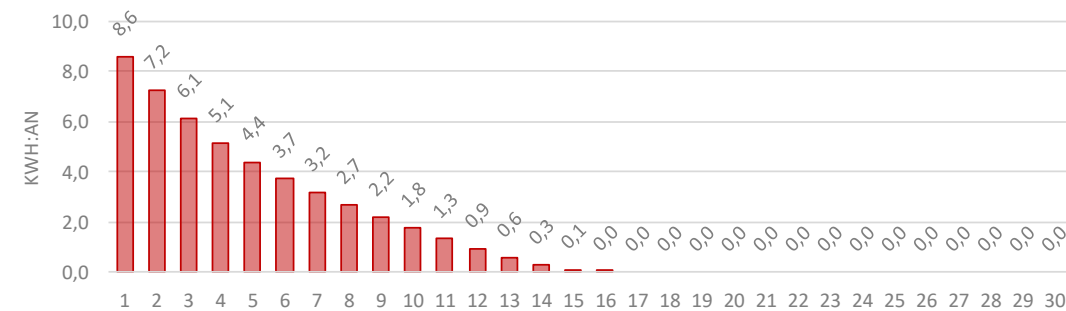
Production mensuelle AC (moyenne sur la durée d'observation) en kWh/mois



Production AC année par année en MWh/an

Pertes moyennes sur la durée de l'installation (30 ans)

Pertes Irradiation	
Masque lointain	0,13%
Masque proche	11,76%
Différences d'ombrages entre modules	1,76%
Modules bifaciaux	
Gain bifacial	0,00%
Pertes Modules	
IAM (réflexion)	3,42%
LID	2,00%
Encrassement module	1,00%
Température	0,79%
Tolérance de puissance des modules	-0,75%
Dispersion des caractéristiques	1,00%
Vieillessement module	7,39%
Pertes Système	
Câbles DC	0,42%
Onduleur	2,22%
Ecrêtage	0,00%
Facteur de puissance	0,07%
Câbles AC	0,32%
Indisponibilité de la centrale	2,00%
Pertes par écrêtage des onduleurs	



Pertes par écrêtage (kWh/an)

Tennis - coût

Décomposition des coûts du projet en € HT (CAPEX)

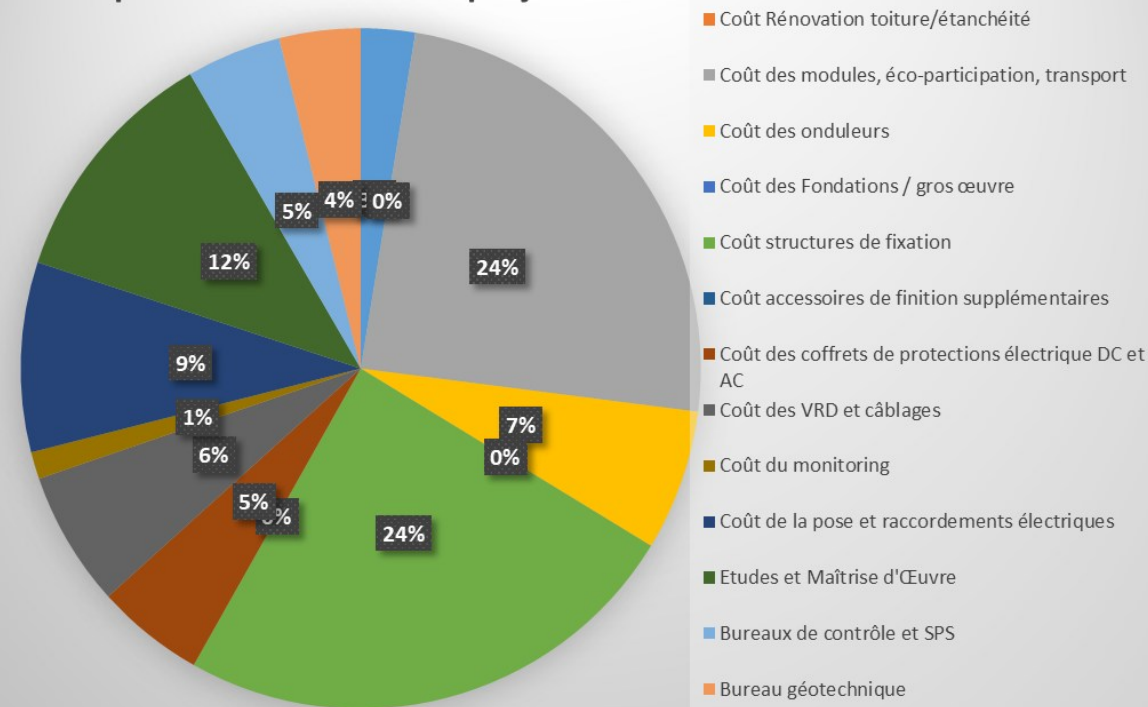
Coût installation et sécurité (clôtures, ...)	2 000 €
Coût Rénovation toiture/étanchéité	0 €
Coût des modules, éco-participation, transport	19 000 €
Coût des onduleurs	5 200 €
Coût des Fondations / gros œuvre	NON COMPRIS
Coût structures de fixation	19 000 €
Coût accessoires de finition supplémentaires	0 €
Coût des coffrets de protections électrique DC et AC	4 000 €
Coût des VRD et câblages	5 000 €
Coût du monitoring	1 000 €
Coût de la pose et raccordements électriques	7 000 €
Fourniture et pose de la centrale PV	62 200 €
Etudes et Maîtrise d'Œuvre	9 000 €
Bureaux de contrôle et SPS	3 500 €
Bureau géotechnique	3 000 €
Investissement TOTAL	77 700 €
<i>Coût total au Wc</i>	<i>1,62 €/Wc</i>

CHARGES	
Charge d'exploitation année 1	1 000 €/an

Les charges d'exploitation comprennent :

- Entretien et maintenance
- Assurance

Répartition des coûts du projet



Entrée - site

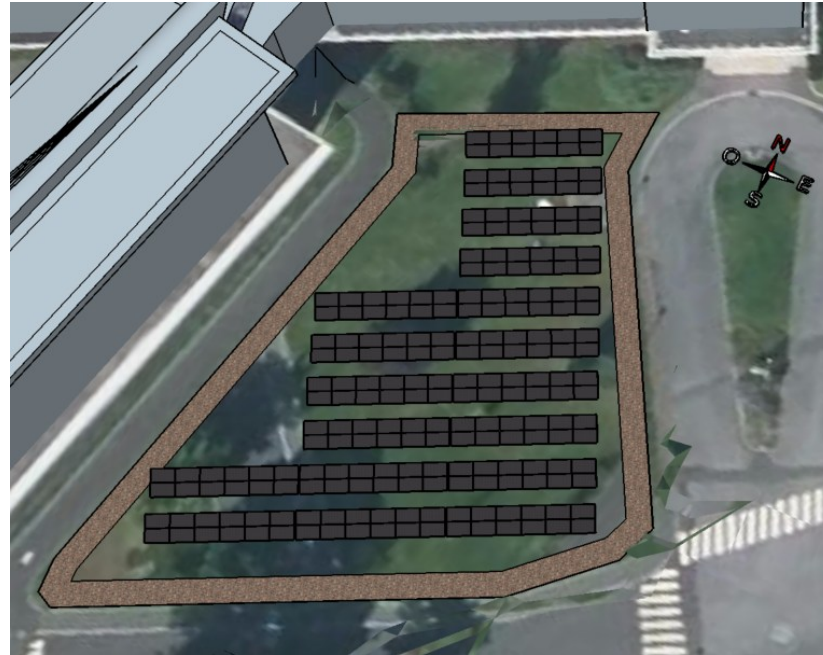
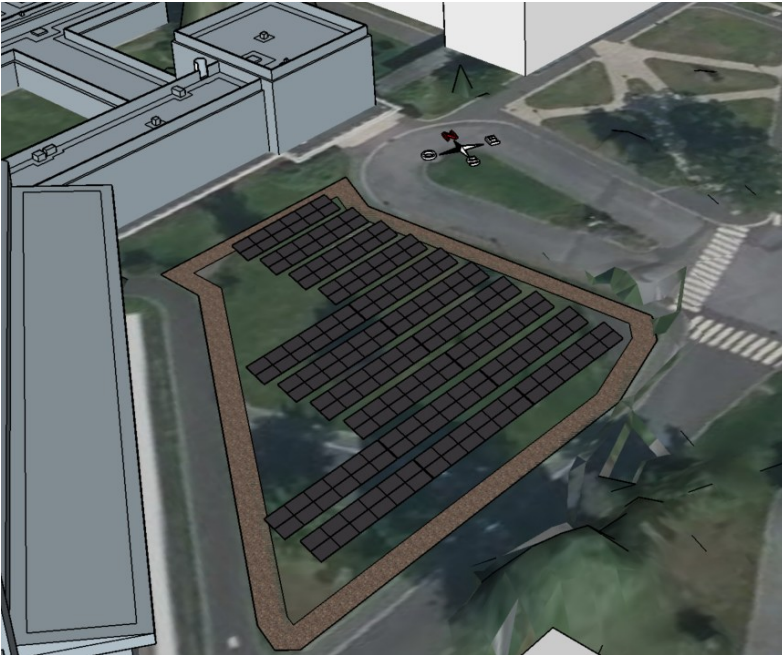


Site au sol disponible à l'entrée du site.
Présence de 3 arbres, des candélabres et 5 drapeaux qu'il faudra supprimer.



Entrée - installation

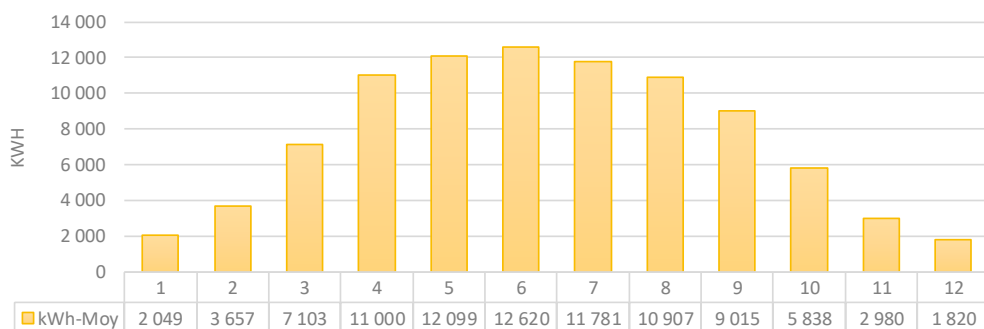
Surface du générateur PV	445 m ²
Inclinaison	20°
Orientation	-25°
Puissance crête retenue kWc	96,12 kWc
Puissance unitaire Wc module PV	445 Wc
Nombre de modules PV	216
Type Module PV	mono-Si
Dimensions module PV	1,868m*1,07m
Puissance totale max onduleurs kVA	100,0 kVA
Nombre d'onduleurs	2
Types d'onduleurs	Onduleurs triphasés multi MPPT



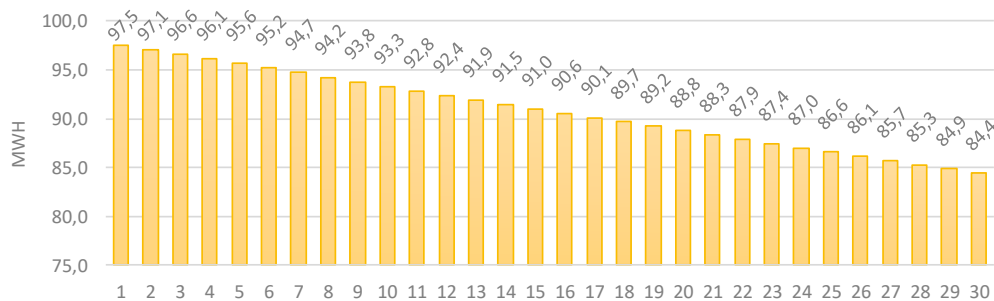
Entrée - production

Production d'énergie : Avec Bridage

Gisement global horizontal du site sans masque	1 152 kWh/m²/an
Gisement global horizontal du site avec masques	1 147 kWh/m²/an
Production AC année 1	97 583 kWh
Productible spécifique année 1 (P50)	1 015 kWh/kWc
Productible spécifique année 1 (P90)	931 kWh/kWc
Pertes par écrêtage onduleur année 1	0,05%
Perte par bridage de la puissance d'injection	0,0%
Performance Ratio	77,1%



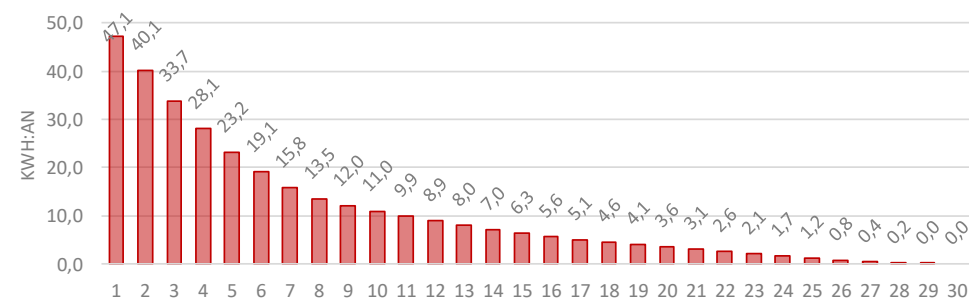
Production mensuelle AC (moyenne sur la durée d'observation) en kWh/mois



Production AC année par année en MWh/an

Pertes moyennes sur la durée de l'installation (30 ans)

Pertes Irradiation	
Masque lointain	0,17%
Masque proche	8,61%
Différences d'ombrages entre modules	1,47%
Modules bifaciaux	
Gain bifacial	0,00%
Pertes Modules	
IAM (réflexion)	3,34%
LID	2,00%
Encrassement module	1,00%
Température	0,62%
Tolérance de puissance des modules	-0,75%
Dispersion des caractéristiques	1,00%
Viellissement module	7,39%
Pertes Système	
Câbles DC	0,42%
Onduleur	2,15%
Ecrêtage	0,01%
Facteur de puissance	0,07%
Câbles AC	0,32%
Indisponibilité de la centrale	2,00%
Pertes par écrêtage des onduleurs	



Pertes par écrêtage (kWh/an)

Entrée - coût

Décomposition des coûts du projet en € HT (CAPEX)	
Coût installation et sécurité (clôtures, ...)	3 000 €
Coût des modules, éco-participation, transport	38 000 €
Coût des onduleurs	10 300 €
Coût des Fondations / gros œuvre	NON COMPRIS
Coût structures de fixation	29 000 €
Coût accessoires de finition supplémentaires	0 €
Coût des coffrets de protections électrique DC et AC	6 000 €
Coût des VRD et câblages	7 000 €
Coût du monitoring	1 200 €
Coût de la pose et raccordements électriques	12 000 €
Fourniture et pose de la centrale PV	106 500 €
Etudes et Maîtrise d'Œuvre	13 000 €
Bureaux de contrôle et SPS	4 000 €
Bureau géotechnique	6 000 €
Investissement TOTAL	129 500 €
<i>Coût total au Wc</i>	<i>1,35 €/Wc</i>

CHARGES	
Charge d'exploitation année 1	2 100 €/an

Les charges d'exploitation comprennent :

- Entretien et maintenance
- Assurance

